

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

К. Б. Сорокіна

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

із навчальних дисциплін

«ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ОСАДІВ»

і

«ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ»

*(для студентів 5-6 курсів денної і заочної форм навчання
освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»
спеціальностей 192 – Будівництво та цивільна інженерія
(спеціалізації (освітні програми) «Водопостачання та водовідведення» та
«Раціональне використання і охорона водних ресурсів») і
194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2017**

Сорокіна К. Б. Конспект лекцій із навчальних дисциплін «Процеси та обладнання для обробки осадів» і «Технологія переробки та утилізації осадів» для студентів 5-6 курсів денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» спеціальностей 192 – Будівництво та цивільна інженерія (спеціалізації (освітні програми) «Водопостачання та водовідведення» та «Раціональне використання і охорона водних ресурсів») і 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології) / К. Б. Сорокіна ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 116 с.

Автор канд. техн. наук, доц. К. Б. Сорокіна

Рецензент канд. техн. наук, доц. Т. О. Шевченко

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення і очищення вод, протокол № 1 від 30.08.2016 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ЗМ 1 СКЛАД ТА ВЛАСТИВОСТІ ОСАДІВ. МЕТОДИ ОБРОБКИ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД.....	5
Тема 1 Види, склад і властивості осадів стічних вод.....	5
Тема 2 Характеристика методів переробки осадів стічних вод.....	10
Тема 3 Ущільнення і згущення осадів.....	15
Тема 4 Стабілізація осадів.....	19
Тема 5 Кондиціювання осадів.....	39
Тема 6 Методи зневоднення осадів.....	44
ЗМ 2 ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ. ОСАДИ ВОДОПРОВІДНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД.....	58
Тема 7 Знезараження осадів.....	58
Тема 8 Термічна сушка осадів стічних вод.....	63
Тема 9 Ліквідація осадів.....	66
Тема 10 Технологічні схеми обробки осадів стічних вод.....	78
Тема 11 Напрями утилізації осадів стічних вод та біогазу.....	86
Тема 12 Технологія обробки осадів очисних водопровідних станцій.....	101
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	116

ВСТУП

Сьогодні для багатьох міст, населених пунктів і промислових підприємств дуже гострою є проблема обробки та утилізації осадів, які утворюються при очищенні води. Часто осади в необробленому вигляді протягом десятків років зливалися на переобтяжені мулові площадки, у відвали, хвостосховища, кар'єри, що привело до порушення екологічної безпеки й умов життя населення.

На сьогоднішній день на більшості станцій очищення стічних вод утворюється величезна кількість частково зневодненого й недостатньо стабілізованого осаду. Обробку осадів стічних вод необхідно проводити з метою максимального зменшення їх об'ємів і підготовки до подальшого розміщення, використання або утилізації при забезпеченні підтримки санітарного стану навколишнього середовища або відновлення її сприятливого стану.

У розвитку методів обробки осадів можна виділити декілька етапів. Перша половина ХХ століття характеризувалася в основному застосуванням анаеробного зброджування, спочатку в емшерах і двоярусних відстійниках, а потім в метантенках, що обігріваються, з подальшим природним зневодненням і підсушенням на мулових площадках. Замість мулових площадок на каналізаційних очисних спорудах крупних міст все частіше почали застосовувати методи механічного зневоднення на вакуум-фільтрах з попереднім кондиціонуванням осадів неорганічними реагентами. Достатньо тривала практика експлуатації цих апаратів дозволила виявити їх недоліки (складність, антисанітарні умови і висока вартість експлуатації, значна витрата реагентів – до 20 % маси сухої речовини осаду, низька питома продуктивність). Прогресивнішими є технології зневоднення осадів на осаджувальних шнекових центрифугах, стрічкових, рамних і камерних фільтр-пресах. Для кондиціонування осадів почали використовувати органічні флокулянти.

Вирішенням проблеми зневоднення осадів стічних вод займаються вчені всього світу. Проводять нові дослідження, розробляють нові технології та устаткування.

У конспекті лекцій описані види та властивості осадів, утворюваних при очищенні стічних вод, розглянуті методи, устаткування та технологічні схеми, які можуть бути застосовані для переробки осадів; проаналізовано можливості утилізації осадів та біогазу; увагу приділено властивостям та методам переробки осадів водопровідних очисних споруд.

ЗМ 1 СКЛАД ТА ВЛАСТИВОСТІ ОСАДІВ. МЕТОДИ ОБРОБКИ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД

Тема 1 Види, склад і властивості осадів стічних вод

- 1. Види осадів стічних вод, їх загальна характеристика.**
- 2. Склад і властивості осадів.**

1 Види осадів стічних вод, їх загальна характеристика

Забруднення, що знаходилися в стічних водах у відносно розбавленому вигляді, при очищенні стічних вод затримують і концентрують, в результаті отримують осади стічних вод.

В осади стічних вод переходить значна частина забруднень, що поступають на очисну станцію. Якщо в цілому від одного жителя за добу поступає близько 120 г забруднень, то з цієї кількості приблизно 40 г осідає як осад первинних відстійників і 35 г як надлишковий мул. Таким чином, приблизно 75 г забруднень або 62,5 % від загальної маси поступає на обробку у вигляді осаду. Рациональне й економічне вирішення проблеми ліквідації осадів полягає в максимальному використанні цінних речовин, що містяться в них, при мінімальних витратах на обробку.

Осади стічних вод, які скупчуються на очисних спорудах, є водними суспензіями, що виділяють із стічних вод в процесі їх механічного, біологічного або фізико-хімічного очищення, з об'ємною концентрацією полідисперсної твердої фази від 0,5 до 10 %. Осади відносять до класу важкозневоднюваних полідисперсних суспензій. Як і у всіх суспензіях, волога в осадах стічних вод знаходиться в хімічному, фізико-хімічному та фізико-механічному зв'язку з твердими частинками, а також у вільному стані.

Залежно від умов формування і особливостей відділення розрізняють осади первинні та вторинні.

До *первинних осадів* відносять грубодисперсні домішки, які знаходяться в твердій фазі й виділені з води такими методами механічного очищення, як проціджування, седиментація, фільтрація, флотація, осадження у відцентровому полі. До *вторинних осадів* відносять домішки, що спочатку знаходяться у воді у вигляді колоїдів, молекул та іонів, але в процесах біологічного або фізико-хімічного очищення води або обробки первинних осадів утворюють тверду фазу.

На очисних спорудах промислових підприємств утворюються осади й шлами (мінерального походження) виробничих стічних вод. Кількість, вологість, щільність та хімічний склад осадів і шламів виробничих стічних вод коливаються в широких межах.

Склад осадів за розміром частинок відрізняє велика неоднорідність. Їх розміри коливаються від 10 мм і більше до частинок колоїдної та молекулярної дисперсності.

Відходи, утворювані в процесі очищення виробничих стічних вод на промислових підприємствах, до яких відносять і осади стічних вод, залежно від місця їх утворення, зовнішнього вигляду і консистенції підрозділяють на **чотири класи токсичності за ступенем небезпеки**:

- 1) надзвичайно небезпечні;
- 2) високо небезпечні;
- 3) помірно небезпечні;
- 4) малонебезпечні.

Дану класифікацію небезпеки хімічних речовин дають на основі їх ГДК в ґрунті за розрахунковим індексом токсичності.

За дією на навколишнє середовище також виділяють **чотири класи осадів**, які можна ідентифікувати з попередніми:

- 1) токсичні нестабільні органічні і мінеральні осади.
- 2) токсичні стабільні мінеральні осади.
- 3) інертні нестабільні органічні осади.
- 4) інертні стабільні мінеральні осади.

Забруднення стічних вод можуть переходити в осад без зміни свого хімічного складу й структури (осад з ґрат, з піскоуловлювачів, з первинних відстійників), і зі зміною складу та структури (надлишковий активний мул або надлишкова біоплівка, осади після реагентної обробки води та ін.).

Осади міських стічних вод мають великі об'єми, дуже високу вологість, неоднорідний склад і властивості, містять органічні речовини, які здатні швидко розкладатися й загнивати; крім того, осади заражені бактерійною, зокрема патогенною мікрофлорою та яйцями гельмінтів. Їх відносять до важкофільтрованих мулових суспензій.

2 Склад і властивості осадів

Елементарний склад сухої речовини осадів коливається в широких межах. Суха речовина сирих осадів має такий склад (% маси сухої речовини осаду): 35,4–87,8 С; 4,5–8,7 Н; 0,2–2,7 S; 1,8–8,0 N; 7,6–35,4 О; суха речовина активного мула містить, %: 44,0–75,8 С; 5,0–8,2 Н; 0,9–2,7 S; 3,3–9,8 N; 12,5–43,2 О. Осади містять сполуки кремнію, алюмінію, заліза, окислу кальцію, магнію, калію, натрію, цинку, хрому, нікелю та ін.

Активна реакція середовища в осадах коливається в межах 6–8, температура 12–20 °С.

Всі види осаду (окрім забруднень з решіток і осаду з піскоуловлювачів) містять 90–99 % рідини, яка складається з вільної (60–65 %) і зв'язаної (30–35 %), а зв'язану воду, у свою чергу, розділяють на колоїдно-зв'язану (22–30 %) і гігроскопічну (4–10 %), або фізико-механічно зв'язану (капілярно).

Вільну воду відділяють від осаду простою фільтрацією або віджиманням.

Колоїдно-зв'язана вода пов'язана з твердими частинками й обволікає їх міцною оболонкою, що не дозволяє частинкам з'єднуватися в крупні агрегати.

Видалити таку воду можна тільки вакуум-фільтрацією або фільтр-пресуванням після коагуляції їх хімічними реагентами.

Гігроскопічна вода – це волога, поглинена речовиною. Вона не видаляється навіть при термічній сушці.

Для обґрунтування технології переробки та утилізації осадів необхідні відомості про різні *властивості осадів*, серед яких:

- *щільність осаду* ρ , кг/м³ – це його маса, яку містить одиниця об'єму;
- *концентрація твердої фази за об'ємом (об'ємна концентрація)* – відношення об'єму твердої фази до вихідного об'єму аналізованої проби осаду;
- *концентрація твердої фази за масою (масова концентрація)*, яку характеризують відношенням маси твердої речовини до вихідної маси відібраної проби осаду;
- *питома концентрація маси твердої фази*, кг/м³;
- *вологість осаду* в долях одиниці або у відсотках характеризують відношенням маси рідини до загальної маси вологого осаду;
- *зольність осаду* – характеризує вміст нелетких мінеральних домішок;
- *гранулометричний склад твердої фази осадів*;
- *теплофізичні характеристики осадів*;
- *хімічний склад осадів* надає істотний вплив на їх водовіддачу. Так луги, сполуки заліза, алюмінію, хрому, міді сприяють інтенсифікації зневоднення осаду і знижують витрати хімічних реагентів на їх коагуляцію перед зневодненням, а масла, жири, азотисті сполуки, волокнисті речовини, навпаки, несприятливо впливають на процеси зневоднення осаду. Крім того, осад має величезну бактерійну забрудненість. В ньому є всі основні форми бактерійних забруднень (збудників шлункових, кишкових захворювань, яйця гельмінтів та ін.), що викликає небезпеку виникнення інфекцій;
- *інші показники*, серед яких теплота згорання органічної маси осадів, електропровідність й електрокінетичні властивості осадів, питома поверхня, спіклівість, вихід летких речовин, хімічне недопалення, паливні властивості осаду, кінетика сушки, здібність осадів до ущільнення у відцентровому полі та за допомогою фільтрації та ін.

Видалення з осаду тільки вільної води недостатньо для того, щоб осад придбав вологість, при якій його можна транспортувати на плоских поверхнях (менше 83 %), і необхідно, як правило, видаляти ще до 30 % колоїдно-зв'язаної води.

Об'єм осаду залежить від вмісту вологи, тому із зменшенням вологості осаду його об'єм різко зменшується за рахунок видалення мулової води.

Кількість забруднень, що знімають з решіток, залежить від типу решіток і ширини прозорів. До складу крупних забруднень входять крупні завислі та плаваючі речовини, переважно органічного походження. За даними експлуатації очисних станцій середній склад цих осадів в % включає: папір – 65, ганчір'я – 25, деревину, пластик – 4, інші забруднення – 6. Для решіток з шириною прозорів 16–20 мм в середньому вона складає 8 л/рік на 1 особа.

Вологість забруднень, що знімають з решіток, складає 80 %, їх об'ємна маса 750 кг/м^3 . Роздроблені забруднення, розбавлені водою в кількості 40 м^3 на 1 т, можуть бути спрямовані в стічну воду перед решітками, але частіше забруднення з решіток направляють на звалища. Переробка цих осадів може здійснюватися в метантенках, на піролізних установках разом з іншими осадами або їх спрямовують на компостування для отримання добрива разом із сміттям.

Осад, що затримують в піскоуловлювачах в кількості 0,02 л/добу на 1 ос., складають в основному мінеральні частинки. У їх склад зазвичай входять пісок, уламки окремих мінералів, цеглина, вугілля, бите скло і тому подібне. Такий осад має зольність від 70 до 90 %, вологість близько 60 %, об'ємну масу 1500 кг/м^3 . Далі цей осад прямує на піскові площадки або до накопичувачів.

Плаваючі домішки, кількість яких в середньому складає 2 л/рік на 1 чол., мають при вологості 60 % щільність $0,6 \text{ т/м}^3$. Допускається їх обробка спільно з осадом з первинних відстійників.

Сирий осад з первинних відстійників є драглистою суспензією сірого кольору з кислуватим запахом і відрізняється великою неоднорідністю складу, що обумовлене різноманітністю умов експлуатації очисних споруд і каналізованого об'єкту. В осаді знаходяться частинки з розмірами 5–10 мм і менше 1 мкм. Внаслідок великої кількості органічних речовин (до 60–70 %) сирий осад швидко гниє і набуває темно-сірого або чорного кольору і видає неприємний кислий запах. Також осад може містити сполуки заліза, алюмінію, кремнію, кальцію, магнію, калію та ін.; токсичні й канцерогенні речовини, зокрема солі важких металів, ПАР та інші сполуки, залежно від наявності в господарчо-побутових стічних водах домішок виробничих стоків. Середня вологість осаду дорівнює 95 % при самопливному видаленні та 93,8 % при видаленні плунжерними насосами.

Активний мул є суспензією, що містить аморфні пластівці; він включає аеробні бактерії та прості мікроорганізми з дрібними забрудненнями із стічних вод. Структура активного мула представляє пластівчасту масу бурого кольору. У свіжому вигляді активний мул майже не має запаху або пахне землею, але, загниваючи, видає специфічний гнильний запах. Розміри частинок активного мула не перевищують 3 мм, а основна маса частинок (98 %) має розмір менше 1 мм. Надлишковий активний мул і надлишкову біоплівку складає в основному органічна речовина, кількість якої залежно від режиму роботи споруд коливається від 65 % для аеротенків повного окислення до 75 % для високонавантажуваних споруд. При зберіганні й ущільненні такий осад дуже швидко гниє. Вологість активного мула, вивантажуваного з вторинних відстійників після аеротенків, дорівнює 99,2–99,7 %, а після біофільтрів – 96–96,5 %.

Загальна кількість суміші осаду з первинних відстійників і ущільненого надлишкового активного мула орієнтовно складає 0,5–1 % від об'єму очищуваних стічних вод.

Шлами, що затримують відстійники або інші споруди після фізико-хімічного очищення, виділяються в результаті локального очищення або доочистки промислових стічних вод із застосуванням реагентної обробки, фільтрування, електролізу, адсорбції, іонного обміну, зворотного осмосу, екстракції та інших методів.

Методи обробки, об'єми, склад і властивості осаду залежать від виду, кількості й складу очищуваних стічних вод (побутових, виробничих, дощових).

Зброджений осад має одноріднішу структуру та є суспензією чорного або темно-сірого кольору. Вологість осаду, вивантажуваного з метантенков, залежить від співвідношення кількості осаду й активного мула за сухою речовиною та розпаду беззольної речовини і в середньому складає 97 %. Тверду фазу осаду складають в основному органічні речовини, які швидко загнивають і виділяють неприємний запах; в той же час осад містить і цінні речовини – азот, фосфор, калій; важкі метали (хром, мідь, цинк та ін.) утрудняють утилізацію осаду.

Структура осаду, зброженого в метантенках, двоярусних відстійниках та інших спорудах анаеробного зброджування, дрібна і однорідна, колір – майже чорний або темно-сірий. Осади відрізняються високою текучістю, виділяють запах сургучу або асфальту. У метантенках розпад осадів супроводжується виділенням великої кількості газу – метану, дуже цінного для використання.

Ступінь розпаду органічної речовини при аеробній стабілізації значно менша, ніж при анаеробних процесах, але частина, що залишилася, достатньо стабільна. Після аеробної стабілізації осади ущільнюються у відстійниках за 5–15 год до вологості 96–98 %. При стабілізації бактерії колі гинуть на 95 %, але яйця гельмінтів не зникають, тому осади після аеробної стабілізації потребують знезараження.

Важливим показником, що характеризує здібність осаду до водовіддачі, є *питомий опір осаду фільтрації* – опір одиниці маси твердої фази, що відкладається на одиниці площі фільтру при фільтруванні під постійним тиском суспензії, в'язкість рідкої фази якої дорівнює 1,0.

Чим вище питомий опір, тим осад гірше фільтрується. Активний мул має значно більший опір фільтрації, ніж сирий осад, а зброджений осад ще вищий. Для зниження питомого опору фільтрації осад перед зневодненням піддають попередній обробці: промивці водою, обробці хімічними реагентами, заморожуванню з подальшим відтаванням, тепловій обробці.

Таким чином, найбільшу кількість важковидаляємої вологи містить ущільнений активний мул, а найменшу – осад первинних відстійників; зброжена суміш осадів займає проміжне положення між ними.

Неущільнений активний мул має кращу вологовіддачу порівняно з ущільненим, тому що при збільшенні концентрації активного мула (зменшенні вологості) частина вільної води переходить в колоїдно-зв'язану. Ущільнений активний мул містить також і найбільшу, порівняно з іншими видами осадів, кількість твердих частинок малого розміру. Дрібнодисперсні фракції твердої фази містять більшу кількість зв'язаної вологи, а крупніші частинки – меншу.

Контрольні питання

1. Назвіть види осадів стічних вод.
2. Які виділяють класи токсичності осадів стічних вод за ступенем їх небезпеки?
3. Які виділяють класи осадів стічних вод за їх дією на навколишнє середовище?
4. Дайте характеристику якісних властивостей осадів стічних вод.
5. У якому стані знаходиться вода у складі осадів стічних вод?
6. Як хімічний склад осадів впливає на їх водовіддачу?
7. Як вміст води впливає на об'єм осадів?
8. Як розрахувати кількість забруднень, що знімають з решіток?
9. Як розрахувати кількість осаду, затриманого в піскоуловлювачах?
10. Охарактеризуйте особливості складу та властивостей сирого осаду.
11. Які види осаду виділяють залежно від методів його обробки?
12. Що таке питомий опір осаду фільтрації?
13. Порівняйте осад з точки зору їх вологовіддачі.
14. Які параметри застосовують для описання властивостей осадів?

Тема 2 Характеристика методів переробки осадів стічних вод

1. Завдання і сутність методів обробки осадів стічних вод.
2. Можливості найбільш поширених методів обробки осадів.

1 Завдання і сутність методів обробки осадів стічних вод

Сутність обробки осадів полягає в задоволенні наступних вимог:

- а) осад не повинен містити джерел шкідливого впливу на навколишнє середовище;
- б) осад не має містити джерел захворювань людей і тварин;
- в) агрегатний стан твердих частинок осаду повинен відповідати способу та засобам його утилізації або ліквідації (у рідкому, згущеному або висушеному вигляді) .

Основне завдання обробки осадів стічних вод полягає в отриманні кінцевого продукту, властивості якого забезпечували б можливість його утилізації, або звели до мінімуму збиток, що наноситься навколишньому середовищу, і проводиться з метою зменшення об'єму осаду і його знезараження.

Технологічні процеси обробки осадів стічних вод можна розділити на наступні **основні стадії**:

- ущільнення (згущення);
- стабілізація органічної частини;
- кондиціонування;
- зневоднення;
- термічна обробка;

- утилізація цінних продуктів;
- ліквідація осадів.

При ущільненні в середньому видаляють 60 %, при механічному зневодненні 25 %, при термічній сушці й спалюванні до 15 % загальної кількості мулової води, що містить вихідний осад. При цьому масу оброблюваного осаду зменшують в середньому при ущільненні в 2,5 рази, при зневодненні в 12,5 раз, при сушці – на 60 %, а при спалюванні – в 150 разів.

Технологічний цикл обробки осадів стічних вод, що включає всі види обробки, ліквідації й утилізації, представлений на рисунку 2.1.

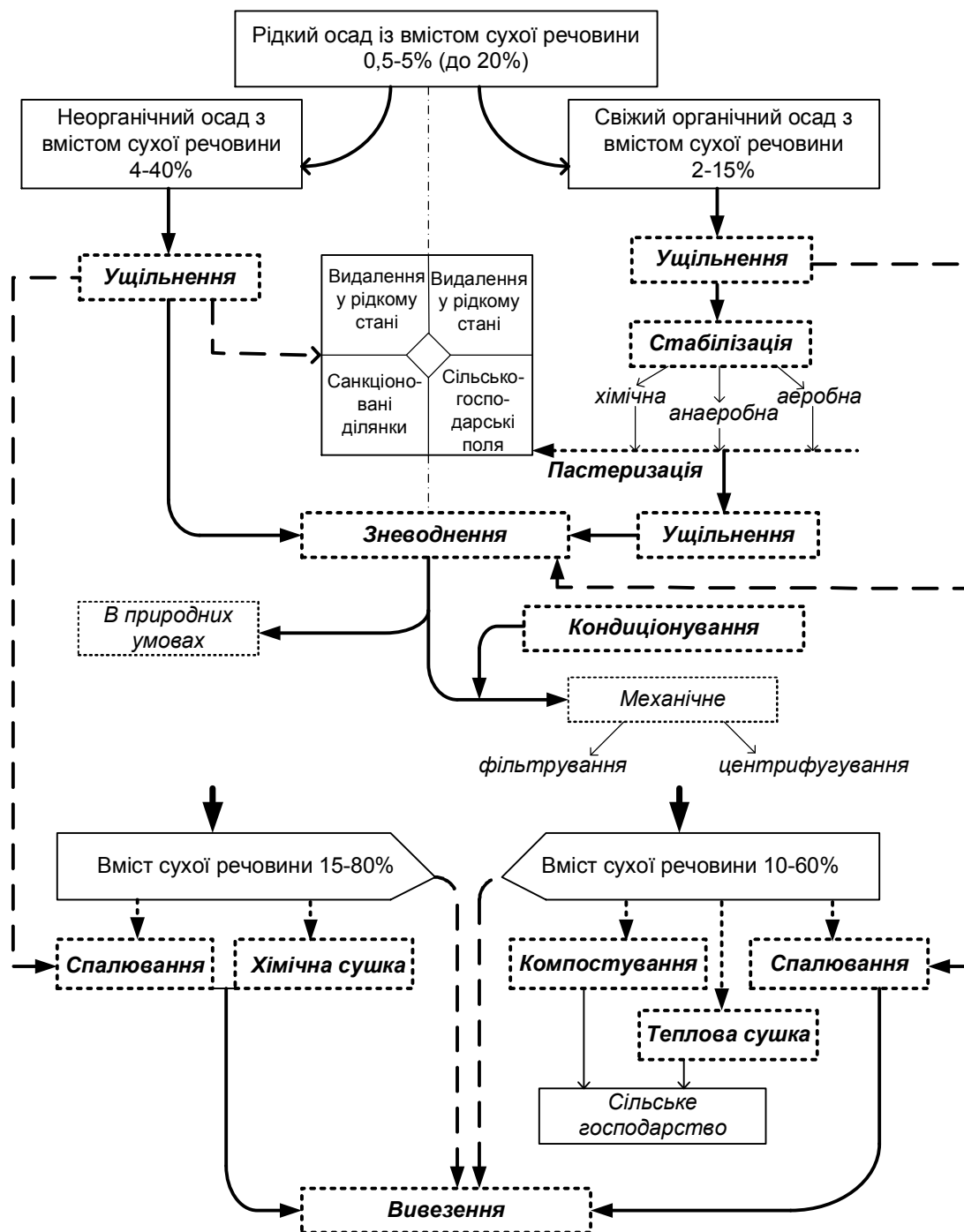


Рисунок 2.1 – Технологічний цикл обробки осадів стічних вод

2 Можливості найбільш поширених методів обробки осадів

Ущільнення (згущення) осадів стічних вод є первинною стадією їх обробки та призначено для зменшення їх об'ємів. Найбільш поширені гравітаційний і флотаційний методи ущільнення. Гравітаційне ущільнення здійснюють у відстійниках-ущільнювачах; флотацію – в установках напірної флотації. Застосовують також відцентрове ущільнення осадів в циклонах і центрифугах. Перспективи має вібраційне ущільнення шляхом фільтрування осаду стічних вод через фільтруючі перегородки або за допомогою занурених в осад вібраційних пристроїв.

Стабілізацію осадів використовують для руйнування біологічно розкладаної частини органічної речовини, що запобігає загниванню осадів при тривалому зберіганні на відкритому повітрі (сушка на мулових площадках, використання як сільськогосподарські добрива і тому подібне).

Стабілізацію або мінералізацію органічної речовини осаду здійснюють в анаеробних (метанове бродіння) або аеробних умовах. Для стабілізації осадів промислових стічних вод застосовують, в основному, аеробну стабілізацію – тривале аерування осадів в спорудах типу аеротенків, внаслідок чого відбувається розпад основної частини біологічно розкладаних речовин, схильних до гниття. Період аеробної стабілізації при температурі 20 °С складає 8–11 діб, витрата кисню для стабілізації 1 кг органічної речовини мула – 0,7 кг. Зброджування осаду в метантенках в анаеробних умовах здійснюють в мезофільному (при $t = 33\text{ }^{\circ}\text{C}$) або термофільному (при $t = 53\text{ }^{\circ}\text{C}$) режимах, що визначається способом подальшої обробки осаду.

Кондиціювання осадів проводять для руйнування колоїдної структури осаду органічного походження та збільшення його водовіддачі при зневодненні. У промисловості застосовують в основному реагентний метод кондиціювання за допомогою хлорного заліза й вапна.

Зневоднення осадів стічних вод призначене для отримання шламу з об'ємною концентрацією полідисперсної твердої фази до 80 %. До недавнього часу зневоднення здійснювали в основному сушкою осадів на мулових площадках. Проте низька ефективність такого процесу, дефіцит земельних ділянок в промислових районах і забруднення повітряного середовища зумовили розробку і застосування ефективніших методів зневоднення: вакуум-фільтрування, центрифугування, вібраційне фільтрування, термічну сушку.

Ліквідацію (деструкцію) осадів стічних вод застосовують в тих випадках, коли *утилізація* їх є неможливою або економічно недоцільною.

Вибір раціональної технологічної схеми обробки осаду є складним інженерно-економічним і екологічним завданням, але у будь-якому випадку технологічну схему будують на комбінації різних методів обробки осадів, оскільки технологічні схеми обробки осадів залежать від багатьох чинників: властивостей осадів, їх кількості, кліматичних умов, наявності земельних площ та ін.

Як вказувалося раніше, виділяють чотири класи осадів за дією на навколишнє середовище. Технологічні операції, застосовувані для переробки

різних за походженням та властивостями осадів, мають деякі відмінності. Для кожного класу осадів рекомендовані ефективні процеси та апарати, які забезпечують економічно обгрунтовану комплексну технологію переробки осадів.

На рисунку 2.2 приведена принципова технологічна схема утворення та переробки осадів міських стічних вод.

Вибір раціональної технологічної схеми обробки осадів є складною інженерно-економічною та екологічною задачею, правильне вирішення якої вимагає обов'язкового врахування продуктивності очисної станції, місцевих умов (кліматичних, гідрогеологічних, містобудівельних, агротехнічних, забезпеченості реагентами, паливом, технологічним транспортом тощо), виконання попередніх експериментальних досліджень здатності осадів до водовіддачі, їх фізико-хімічних, теплофізичних і агрономічних характеристик. Але в будь-якому випадку технологічна схема ґрунтується на комбінації різноманітних методів обробки осадів.

Слід відзначити, що дані з техніко-економічних показників різних схем обробки осадів слід розглядати як орієнтовні, оскільки методи очистки стічних вод і обробки осадів постійно вдосконалюють, модернізують існуюче та впроваджують нове обладнання, з'являються нові реагенти, змінюється структура капітальних і експлуатаційних витрат, співвідношення між окремими статтями витрат (зокрема суттєво зростає вартість теплової та електричної енергії при незначному зростанні рівня заробітної плати).

Контрольні питання

1. Яке основне завдання обробки осадів стічних вод?
2. Назвіть основні стадії обробки осадів стічних вод .
3. Опишіть послідовність технологічних операцій, застосовуваних для обробки осадів стічних вод?
4. Для чого здійснюють ущільнення осадів стічних вод?
5. Назвіть способи ущільнення осадів стічних вод.
6. Яка мета стабілізації осадів стічних вод?
7. Назвіть способи стабілізації осадів стічних вод.
8. Для чого проводять кондиціювання та зневоднення осадів стічних вод?
9. Опишіть принципову технологічну схему утворення та переробки осадів міських стічних вод.

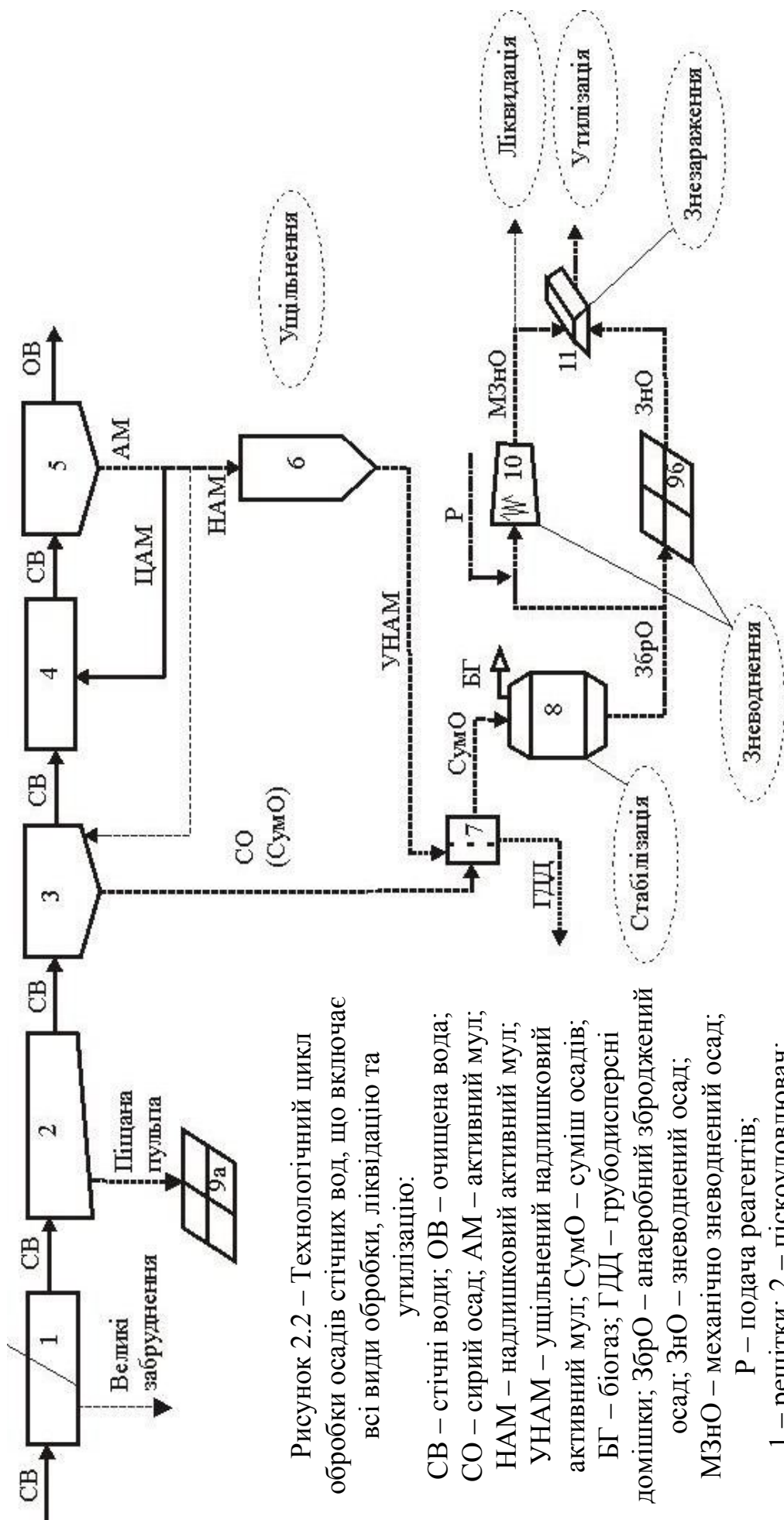


Рисунок 2.2 – Технологічний цикл
обробки осадів стічних вод, що включає
всі види обробки, ліквідацію та
утилізацію:

СВ – стічні води; ОВ – очищена вода;
СО – сирий осад; АМ – активний мул;
НАМ – надлишковий активний мул;
УНАМ – уцільнений надлишковий
активний мул; СумО – суміш осадів;
БГ – біогаз; ГДД – грубодисперсні
домішки; ЗбрО – анаеробний зброджений
осад; ЗНО – зневоднений осад;
МЗНО – механічно зневоднений осад;

Р – подача реагентів;

1 – решітки; 2 – піскоуловлювач;

3 – первинні відстійники; 4 – аеротенки;

5 – вторинні відстійники; 6 –

ущільнювач; 7 – проціджувач; 8 – метантенк; 9 а – піскові площадки;

9 б – мулові площадки; 10 – механічне зневоднення (центрифуга);

11 – компостування

Тема 3 Ущільнення і згущення осадів

1. Гравітаційне ущільнення.
2. Флотаційне ущільнення.
3. Відцентрове ущільнення.

Ущільнення – найбільш поширений спосіб зменшення об'єму осаду. В процесі діяльності мікроорганізмів кількість активного мула безперервно збільшується, при цьому утворюється надлишковий активний мул, який відділяють від рециркуляційного (що направляють в аеротенки). Враховуючи високу вологість надлишкового активного мула (до 99,2–99,7 %), необхідно здійснювати його ущільнення.

Зазвичай ущільнюють надлишковий активний мул, в окремих випадках – суміш активного мула й сирого осаду, достатньо рідко – сирий осад. Ущільнювати можуть також анаеробно зброджені та аеробно стабілізовані осади. Оскільки вологість ущільненого осаду різко зменшується, то об'єм споруд при подальшій його обробці також скорочується.

На вибір оптимальної схеми ущільнення істотно впливає не тільки тип ущільнювача, але і властивості активного мула.

1 Гравітаційне ущільнення

Зменшення об'єму й вологості осадів гравітаційним методом досягається тривалим їх відстоюванням. Ущільнення надлишкового активного мула здійснюють відповідно до закономірностей обмеженого осадження суспензії; його тривалість складає 9–12 год, вологість ущільненого мула складає 97 %.

В процесі ущільнення активного мула видаляють тільки вільну воду. Ущільнення активного мула приводить до різкого зростання його питомого опору фільтрації і до збільшення кількості зв'язаної води, що не дозволяє значно понизити його вологість.

Суміш мула з аеротенків ущільнюють швидше, ніж активний мул з вторинних відстійників. Активний мул з аеротенків на неповне біологічне очищення ущільнюють швидше і краще, ніж з аеротенків на повне біологічне очищення.

Встановлено, що ступінь ущільнення мула залежить від тривалості його перебування в зоні ущільнення та величини тиску в ній. Тривалість перебування мула в зоні ущільнення визначають навантаженням за сухою речовиною на одиницю поверхні мулозгущувача – питомим поверхневим навантаженням, вимірюваним в кг сухої речовини на 1 м² поверхні дзеркала води за добу. Питоме поверхнєве навантаження для гравітаційних мулозгущувачів приймають в межах 20–30 кг/м² добу.

На процес ущільнення надлишкового активного мула негативно впливають ті ж фактори, які приводять до погіршення роботи вторинних відстійників: виділення газів в результаті загнивання мула внаслідок денітрифікування або зміни температури осаду.

Застосовують зазвичай мулозгущувачі радіального типу, тобто звичайні радіальні відстійники. На станціях невеликої продуктивності використовують вертикальні мулозгущувачі, які влаштовують на базі звичайних первинних вертикальних відстійників з центральною трубою.

Для вертикальних мулозгущувачів розрахункова тривалість ущільнення надлишкового активного мула з вторинних відстійників складає 10–12 год, із зони освітлення аеротенків-відстійників – 16 год, з аеротенків на неповне біологічне очищення стічних вод – 3 год. Вологість ущільненого активного мула складає при цьому 98 %.

Радіальні відстійники мають певні переваги перед вертикальними і дозволяють ущільнювати осад до вологості 97,3 %. Розрахункова тривалість ущільнення осаду в радіальних відстійниках складає: 5–8 год – для суміші мула з аеротенків; 9–11 год – для активного мула з вторинних відстійників; 12–15 год – для активного мула із зони освітлення аеротенків-відстійників.

Роботу мулозгущувачів можна інтенсифікувати як шляхом поліпшення властивостей ущільнюваного осаду (хімічною коагуляцією або термічною обробкою), так і обладнання самих мулозгущувачів стрижньовими мішалками (рисунок 3.1).

Попередня термічна обробка приводить до руйнування гідратної оболонки, яка обволікає тверді частинки осаду, внаслідок чого процес його ущільнення значно інтенсифікується. Після витримки мула при температурі 70-90°C впродовж 30 хв. він ущільнюється в термогравітаційному мулозгущувачі до вологості 96,7 % впродовж 30–60 хв. За конструкцією термогравітаційний мулозгущувач подібний до звичайного вертикального мулозгущувача, в середині якого розміщена камера для підігрівання осаду паром. Для запобігання втратам тепла мулозгущувачі влаштовують закритими та ізольованими.

Серед переваг споруди слід зазначити, що одночасно з ущільненням в ньому відбувається й стерилізація мула. Проте внаслідок великої вартості процесу термогравітаційні ущільнювачі знайшли застосування тільки в технологіях утилізації мула як кормової добавки.

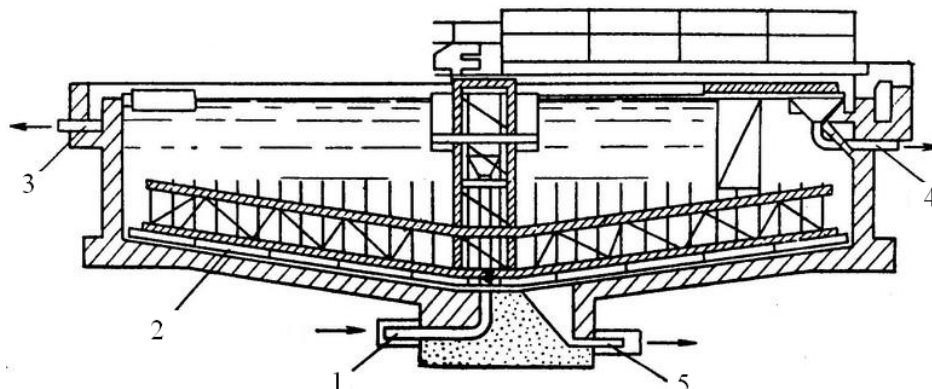


Рисунок 3.1 – Радіальний мулоущільнювач із стрижньовою мішалкою:

- 1 – підвідний трубопровід; 2 – мулоскреб із стрижньовою мішалкою;
- 3 – трубопровід відведення мулової води; 4 – трубопровід для видалення плаваючих речовин; 5 – трубопровід ущільненого мула

2 Флотаційне ущільнення

При флотаційному ущільненні осадів відбувається інтенсифікація звільнення води із структурних порожнеч активного мула на рівні поверхневих явищ. Повітря, що вводять у вигляді дрібних бульбашок, вступає у взаємодію із зв'язаною водою на поверхні частинок мула, витісняючи та переводячи її у вільний стан. Застосування флотації дозволяє за 10–20 хв. досягти такого ж ступеня ущільнення мула, як і після його гравітаційного ущільнення впродовж 2 год.

Надлишковий активний мул подають у верхню частину камери, а робочу рідину, насичену повітрям, – в нижню. Як робочу рідину використовують очищену стічну воду після вторинних відстійників або мулову воду, що виходить з флотаційної камери. Мул і робочу рідину рівномірно розподіляють площею камери за допомогою радіальних розподільних труб з отворами діаметром 5–10 мм, які в мулових трубах влаштовують зверху, а в трубах робочої рідини – збоку (швидкість виходу рідини з отворів повинна складати відповідно 0,7–1,0 і 1,8–2,3 м/с). Мулову воду видаляють з нижньої частини флотаційної камери. Шлам, що накопичується на поверхні, періодично (через 3–4 год після досягнення вологості 94,5–95 %) скидають до шламовідвідного лотка за допомогою спірального скребка.

Висоту робочої зони флотаційної камери (між розподільними трубами мула й робочої рідини) приймають 2–3 м, а її об'єм визначають за тривалістю перебування в ній суміші мула й робочої рідини (приймають 40–60 хв.). Висоту шару шламу зазвичай приймають 0,3–0,7 м; таку ж висоту повинна мати і захисна зона між шламом і розподільними муловими трубами. Об'єм зони мулової води (між розподільними трубами робочої рідини і отворами для випуску мулової води) повинен складати 20–40 % об'єму робочої зони, але її висота має бути не менше 1 м. Фактична концентрація завислих речовин у муловій воді складає 80–100 мг/дм³.

Окрім надлишкового активного мула флотаційному ущільненню піддають й інші види осадів та їх суміші.

Попередня обробка осадів флокулянтами дозволяє зменшити вологість обробленого мула з 95–96 % до 94–95 % і збільшити ефективність затримання сухої речовини 95–99 %.

Головними перевагами флотаційних мулозгущувачів порівняно з гравітаційними є менша тривалість процесу ущільнення, їх менші розміри, нижча вологість ущільненого мула і значно менший його об'єм, що дозволяє зменшити об'єм споруд для подальшої обробки осадів. Проте флотаційні мулозгущувачі мають також істотні недоліки: велика витрата електроенергії флотаційними насосами, певна складність конструкції та експлуатації, необхідність розміщення флотаційних мулозгущувачів в будівлі для зручної експлуатації в зимовий час.

3 Відцентрове ущільнення

Відцентрове ущільнення мулових суспензій здійснюють в компактних високопродуктивних сепараторах або центрифугах. Швидкість розділення суспензій при цьому в 1000 разів більше, ніж при гравітаційному ущільненні.

Застосування знайшли сепаратори з тарілчастими вставками. Після надходження до сепаратора і попадання в простір між тарілками частинки мула виявляються під дією двох складових відцентрової сили: сили, що діє перпендикулярно поверхні тарілки та притискує до неї частинки, і сили, направленої уподовж тарілки, під дією якої частинка сповзає вниз по тарілці. Освітлений мул (фугат) рухається вгору в просторі між тарілками і видаляється через верхню кільцеву щілину. Ущільнений мул, який зісковзує з тарілок сепаратора, збирається в осадовому просторі та безперервно вивантажується через сопла невеликого діаметру в стінці корпусу барабана.

Саморозвантажні сепаратори розділяють на дві основні групи: з безперервним і пульсуючим відведенням осаду. У сепараторах з безперервним відведенням осаду останній видаляють разом з частиною рідкої фази через сопла у вигляді концентрованої важкої фракції.

У сепараторах з пульсуючим відведенням осаду останній викидається з барабана при переміщенні рухомого елемента, що відкриває розвантажувальні щілини на периферії барабана.

При повному розвантаженні періодично припиняється подача осаду на сепарацію, розвантажувальні щілини барабана відчиняють, і весь його вміст, тобто виділений осад і рідка фаза, викидають в приймач.

Основні конструктивні фактори, які істотно впливають на ефективність процесу сепарації: частота обертання барабана, розміри барабана і тарілок, відстань між тарілками.

Застосування тарілчастих сепараторів дозволяє ущільнювати мул до концентрації 40–60 г/дм³ при ефективності затримання сухої речовини в середньому 97 %. Проте, навіть за умови попереднього проціджування мула через сита або барабанні сітки, експлуатація сепараторів сильно ускладнюється внаслідок частого забивання сопел сепаратора.

Ущільнення мула на центрифугах не знайшло широкого застосування внаслідок утворення великої кількості погано зневоднюваного фугата, хоча цей метод дозволяє отримувати ущільнений мул з концентрацією 60–70 г/дм³ при ефективності затримання сухої речовини 85–93 %.

Контрольні питання

1. Для чого проводять ущільнення осадів стічних вод?
2. Які осади піддають ущільненню?
3. Охарактеризуйте гравітаційний метод ущільнення осадів?
4. Яку воду видаляють у процесі ущільнення активного мула?
5. Які чинники впливають на процес ущільнення осадів?
6. Які споруди застосовують для ущільнення осадів стічних вод?
7. Як можна інтенсифікувати роботу молозгушувачів?

8. Як визначити об'єм ущільненого мула?
9. Охарактеризуйте флотаційний метод ущільнення осадів.
10. Назвіть переваги флотаційних мулозгущувачів.
11. Опишіть технологічну схему роботи флотаційної установки для ущільнення надлишкового активного мула.
12. Охарактеризуйте відцентрове ущільнення мулових суспензій.

Тема 4 Стабілізація осадів

1. Аеробна стабілізація.

2. Анаеробне зброджування.

3. Аеробно-анаеробні та анаеробно-аеробні процеси стабілізації

Осади стічних вод схильні до процесів гниття, які супроводжують виділення смердючих запахів, утворення колоїдних і дрібнодисперсних частинок, погіршення водовіддачі. Тому осади піддають *стабілізації* – спеціальній обробці, яка змінює їх фізико-хімічні властивості та пригнічує життєдіяльність гнильних бактерій, чим запобігають загниванню осадів.

Стабілізацію органічної речовини осаду здійснюють за допомогою мікроорганізмів в анаеробних і аеробних умовах. Органічні речовини твердої фази осаду переводять в стабільні речовини: двоокис вуглецю, метан і воду.

Анаеробну стабілізацію або **зброджування** здійснюють в таких спорудах:

- у септиках (при продуктивності станції до $25 \text{ м}^3/\text{доб}$);
- у двоярусних відстійниках або освітлювачах (при продуктивності станції до 10 тис. $\text{м}^3/\text{доб}$);
- у метантенках (при продуктивності станції більше 10 тис. $\text{м}^3/\text{доб}$).

Аеробну стабілізацію здійснюють в аераційних спорудах типу аеротенків; вона полягає в тривалому аеруванні осаду.

1 Аеробна стабілізація

Процес аеробної стабілізації осадів полягає в тривалій (протягом декількох діб) аерації їх повітрям, при цьому відбувається окислення основної частини органічних беззольних речовин мікроорганізмами у присутності кисню. Частину органічних речовин, що залишилася, стабілізують, тобто вона стає нездібною до подальшого загнивання.

Для аеробної стабілізації використовують будь-які ємкісні споруди, що є на станціях аерації, в т.ч. аеротенки з переважною висотою 3–5 м. На невеликих очисних станціях зазвичай використовують аеробні стабілізатори, які працюють за принципом повного змішення. Таке проведення процесу, проте, має істотний недолік: вивантажуваний осад має деяку, хоча і незначну, кількість речовин, які перебували в стабілізаторі дуже нетривалий час. Тому

для стабілізації рекомендують застосовувати споруди типу аеротенків-витіснювачів.

Ефективність процесу стабілізації залежить від тривалості та інтенсивності аерації, температури, а також складу і властивостей осаду.

Тривалість аерації, що забезпечує повний розпад беззольної речовини та стабілізацію осаду, приймають для неущільненого мула – 2–5 діб, для суміші сирого осаду й ущільненого активного мула – 8–12 діб. Витрата повітря – $1\text{--}1,5 \text{ м}^3/\text{м}^3 \cdot \text{год}$. В умовах України застосування цього методу на очисних спорудах останніми роками різко скоротилося у зв'язку з дефіцитом електроенергії та високою енергоємністю тривалої аерації.

Подачу повітря в аеробні стабілізатори здійснюють за допомогою крупно- або середньопузирчастої систем аерації, оскільки вважають, що застосування механічної або пневмомеханічної аерації приводить до погіршення структури осаду і збільшення його питомого опору фільтрації. Розподіл повітря по довжині стабілізатора-витіснювача здійснюють нерівномірно. Так, у разі застосування чотирьохкоридорної споруди розподіл повітря між коридорами здійснюють таким чином: 50, 27, 15 і 8 %.

Швидкість процесу аеробної стабілізації зростає зі збільшенням концентрації осаду, проте при цьому погіршуються масопередача кисню і водовіддаюча здатність осаду. Виходячи з цих умов, концентрація активного мула, що подають в аеробний стабілізатор, не повинна перевищувати 20 г/дм^3 (оптимальна концентрація $10\text{--}15 \text{ г/дм}^3$), а концентрація суміші мула та сирого осаду – $25\text{--}27 \text{ г/дм}^3$ (оптимальна концентрація $15\text{--}20 \text{ г/дм}^3$). Підтримку необхідної концентрації мула можна здійснювати як шляхом його попереднього ущільнення (але не довше 6 год. за умови збереження його біологічної активності), так і влаштуванням спеціальних відстійних зон усередині стабілізатора, або навіть шляхом повернення в стабілізатор вже стабілізованого ущільненого осаду.

Після аеробної стабілізації осади повинні знаходитися протягом $1,5\text{--}5$ год в окремо розташованих ущільнювачах або в спеціально виділеній відстійній зоні всередині стабілізатора.

Вологість ущільненого аеробного стабілізованого осаду складає при цьому $96,5\text{--}97,5$ %. Мулова вода з ущільнювачів, що містить до 100 мг/дм^3 завислих речовин і має $\text{БПК}_{\text{повн}}$ до 200 мг/дм^3 , повинна прямувати для очищення в аеротенки.

Процес аеробної стабілізації приводить до деякого зменшення вмісту в осаді патогенної мікрофлори. Залежно від тривалості аерації та режиму роботи стабілізаторів зменшення вмісту кишкової палички досягає $70\text{--}99$ % і спостерігається інактивація вірусів. Проте яйця гельмінтів не гинуть, тому використання стабілізованих осадів як добрив можливо тільки після їх дегельмінтизації.

Перевагами аеробних стабілізаторів є простота їх конструкції і експлуатації, вибухобезпечність, поліпшення, в окремих випадках, водовіддаючої здібності осадів, невелика (особливо порівняно з анаеробним

зброджуванням) залежність процесу стабілізації від наявності в осаді токсичних домішок, іонів важких металів, ПАР.

До недоліків аеробних стабілізаторів слід віднести велике використання електроенергії на аерацію, необхідність обов'язкового знезараження стабілізованих осадів, зниження ефективності аеробної стабілізації в зимовий період унаслідок переохолодження осаду.

2 Анаеробне зброджування

Анаеробне зброджування – процес мінералізації органічної речовини осадів в анаеробних умовах, що супроводжується посиленням газовиділенням, також застосовують для стабілізації осадів.

Анаеробне зброджування – складний мікробіологічний процес мінералізації, в ході якого органічна речовина без доступу повітря трансформується в газоподібний метан (CH_4) та діоксид вуглецю (CO_2). Цей процес умовно можна поділити на три основні стадії: гідроліз, утворення кислот (кислотогенна стадія) і утворення метану (метаногенна стадія). Продукти метаболізму кожної стадії є субстратом для наступної стадії.

Біохімія і мікробіологія анаеробного метанового зброджування складніші, ніж аеробних процесів. До теперішнього часу немає повної ясності щодо ролі та ступеня участі в ньому різних груп мікроорганізмів, проте зрозуміло, що на відміну від активного мула, біоценоз метантенка представлений тільки бактеріями. Відповідно до сучасних уявлень, анаеробне метанове зброджування включає чотири взаємопов'язані стадії, здійснювані різними групами бактерій (див. рис. 4.1):

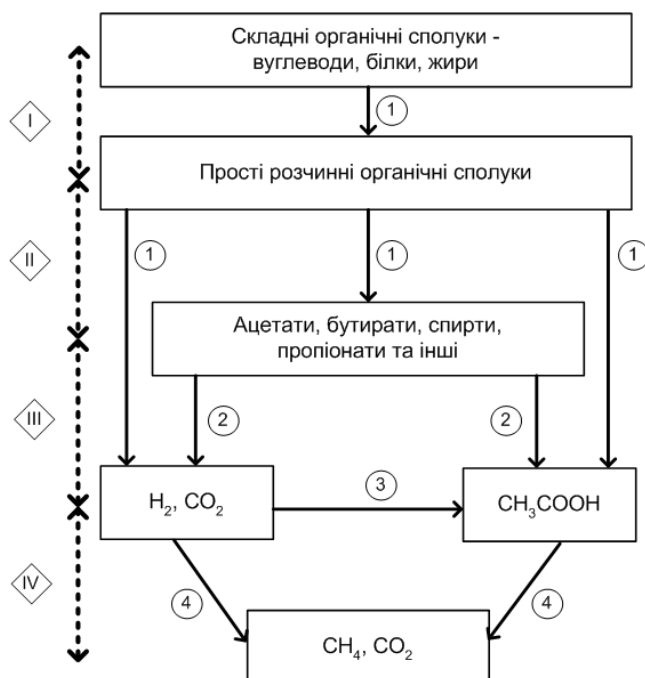


Рисунок 4.1 – Схема анаеробного метанового зброджування осаду стічних вод:

I – гідроліз; II – кислотогенез; III – ацетогенез; IV – метаногенез;

1 – ферментативні кислотогени; 2 – ацетогени, що утворюють водень;

3 – ацетогени, що використовують водень; 4 – метаногени, що відновлюють вуглекислий газ; 5 – метаногени, що використовують ацетат

I. Стадія ферментативного гідролізу здійснюється швидкорослими *факультативними анаеробами*, що виділяють екзоферменти, за участю яких здійснюється гідроліз нерозчинених складних органічних сполук з утворенням простіших розчинених речовин. Оптимальне значення рН для розвитку цієї групи бактерій – в інтервалі 6,5–7,5.

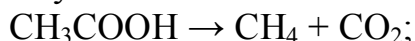
II. Стадія кислотоутворення (кислотогенна) супроводжується виділенням летких жирних кислот (ЛЖК), амінокислот, спиртів, а також водню і вуглекислого газу. Стадія здійснюється швидкорослими, дуже стійкими до несприятливих умов середовища *гетерогенними бактеріями*.

III. Ацетатогенна стадія перетворення ЛЖК, амінокислот і спиртів в оцетову кислоту здійснюється двома групами *ацетатогенних бактерій*. Перша група, яка утворює ацетати з виділенням водню з продуктів попередніх стадій, називається *ацетатогенами, які створюють водень*.

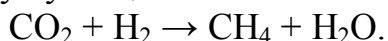
Друга група, яка також утворює ацетати і використовує водень для відновлення діоксиду вуглецю, називається *ацетатогенами, що використовують водень*.

IV. Метаногенна стадія, здійснювана повільнорослими бактеріями, строгими анаеробами, які дуже чутливі до змін умов середовища, особливо до зниження рН менше 7,0-7,5 і температури. Різні групи *метаногенів* утворюють метан двома шляхами:

розщеплюванням ацетату



відновленням діоксиду вуглецю



У першому випадку утворюється 72 % метану, у другому – 28 %.

Всі стадії анаеробного зброджування мають важливе значення; подальші стадії не можуть початися, поки для них не будуть підготовлені умови попереднім ходом процесу. Тому для створення збалансованої і ефективно працюючої системи метанового зброджування осаду завжди необхідно розглядати не окремі групи бактерій, а все співтовариство в цілому в конкретних умовах його існування.

Основними технологічними параметрами, що визначають ефективність процесу анаеробного зброджування осадів є їх хімічний склад, температура та тривалість зброджування, навантаження за органічною речовиною, концентрація завантажуваного осаду, а також режим завантаження і перемішування вмісту камери зброджування.

Хімічний склад осаду визначає ступінь його зброджування, а також вихід і склад утворюваного біогазу. Встановлено, що газ, який виділяється в процесі зброджування осаду, утворюється тільки за рахунок розпаду жирів, вуглеводів і білків. При цьому 60–65 % біогазу утворюється при розпаді жирів, а останні 35–40 % доводяться приблизно порівну на вуглеводи і білки. Все три дані компоненти зброджуються не повністю: ступінь їх зброджування складає 70 % – для жирів, 62,5 % – для вуглеводів, 48 % – для білків. У свою чергу, вміст жирів, вуглеводів і білків в органічній речовині осаду складає 65–80 %.

Одним з найважливіших чинників, що впливають на швидкість росту анаеробних мікроорганізмів і ефективність розпаду осаду, є **температура**. У природі метан утворюється при температурі від 0 до 97°C. Виділяють три основні температурні зони життєдіяльності анаеробних мікроорганізмів: *психрофільну* – до 20°C (оптимум 15–17°C), *мезофільну* – від 20 до 40°C (оптимум 33–35°C) і *термофільну* – від 50 до 70°C (оптимум 53–55°C). У кожній зоні біохімічні процеси здійснюють свої специфічні асоціації мікроорганізмів.

Термофільне зброджування відрізняється від мезофільного більшою інтенсивністю та закінчується приблизно в 2 рази швидше, за рахунок чого вдвічі зменшується необхідний об'єм споруд. Підтримка мезофільних або термофільних температур вимагає на практиці підігрівання осадів, що приводить до ускладнення технічних вирішень очисних споруд.

Температура, при якій здійснюють зброджування осаду, також істотно впливає і на процес газовиділення, яке значно зменшується в інтервалі температур 40–50°C. Проте при нескінченно продовжуваному зброджуванні вихід газу з розрахунку на одиницю сухої речовини завантажуваного або збродженого осаду практично однаковий як для мезофільного, так і для термофільного режимів зброджування, і визначається тільки хімічним складом осаду.

При термофільному зброджуванні досягають повної дегельмінтизації осаду, тоді як в умовах мезофільних температур гине лише 50–80 % всієї кількості яєць гельмінтів.

Тривалість перебування осаду в камері зброджування є одним з найважливіших параметрів, що визначають глибину анаеробного розкладання органічної речовини осаду. Для камер зброджування з незакріпленою біомасою необхідно, щоб мікроорганізми знаходилися в них в достатній кількості, тривалість перебування їх в реакторі була достатньою для глибокого анаеробного розкладання субстрата і при цьому вони не вимивалися з камер із збродженим осадом.

Доза завантаження показує, скільки відсотків від загального об'єму камери зброджування складає добовий об'єм завантажуваного осаду. Дозу завантаження приймають залежно від режиму зброджування та вологості осаду.

Навантаження на камеру зброджування вимірюють в кг беззольної речовини на 1 м³ об'єму камери за добу. Зміна вологості завантажуваного осаду при однаковій дозі завантаження приводить до зміни кількості сухої або беззольної речовини осаду, яка поступає в камеру зброджування за добу, або так званого навантаження на камеру зброджування.

Інтенсивність перемішування. Перемішування вмісту камери зброджування здійснюють з метою забезпечення однакового використання всього її об'єму, унеможливлення створення «мертвих» зон, запобігання розшаруванню осаду, випадання піску й утворення кірки, вирівнювання температури. Перемішування також дозволяє вирівняти концентрації продуктів біохімічних реакцій, а також токсичних речовин, які можуть поступати із

завантажуваним осадом. Проте існує межа інтенсивності перемішування, перевищення якої може привести до фізичного відриву окремих груп бактерій одна від одної і бактерій від субстрата.

Режим зброджування осаду буває періодичним, безперервним і напівбезперервним. В даний час в основному здійснюють періодичний процес, що пов'язано з періодичним вивантаженням осаду з первинних відстійників. Перехід на безперервне завантаження дозволить уникнути зниження температури в результаті надходження в камеру зброджування великої кількості недостатньо прогрітого осаду, досягти рівномірного газовиділення і однорідності вивантажуваного осаду.

Концентрація завантажуваного осаду в камері зброджування зменшується в результаті розкладання частини його беззольної речовини в процесі зброджування. На практиці прагнуть зброджувати більш концентровані осади, що обумовлене двома основними причинами: по-перше, при зброджуванні більш концентрованого осаду можна зменшити об'єм, а значить і вартість камери зброджування, забезпечуючи при цьому необхідний ступінь розпаду беззольної речовини; по-друге, концентрація метанових бактерій зростає при збільшенні концентрації осаду. З іншого боку, збільшення концентрації осаду приводить до необхідності використання могутніших пристроїв для його перемішування. Зазвичай концентрація завантажуваного осаду знаходиться в межах 1,5-9 %, хоча відомі випадки зброджування осадів з концентрацією за сухою речовиною і до 12-15 %.

Як указувалося раніше, основними спорудами для анаеробної стабілізації осадів є септики, двоярусні відстійники, освітлювачі-перегнівачі та метантенки.

Септики – це споруди, в яких одночасно здійснюють освітлення стічних вод і анаеробне зброджування утворюваного при цьому осаду (див. рис. 4.2).

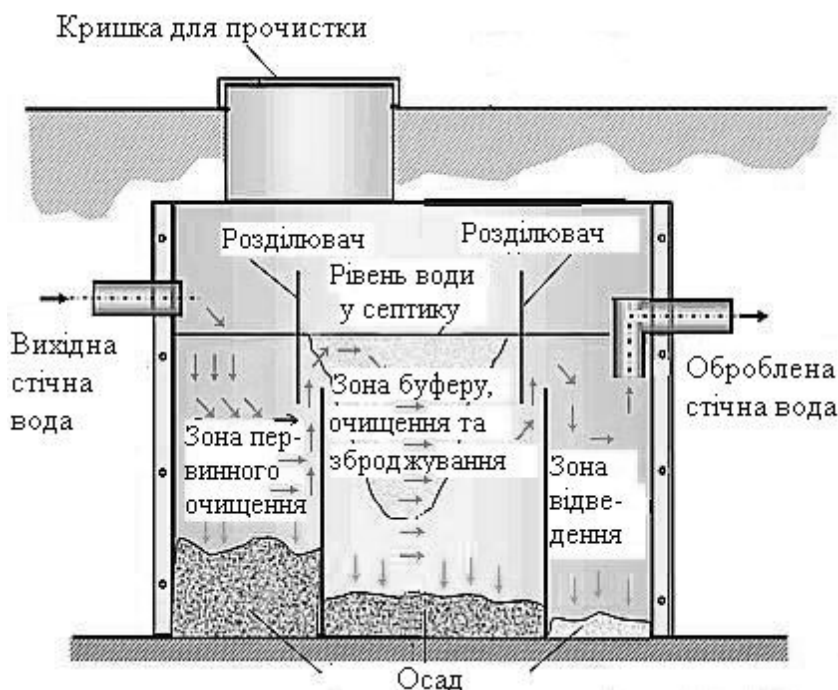


Рисунок 4.2 – Принцип дії септика

Перевагами септиків є високий ефект виділення із стічних вод завислих речовин і простота експлуатації. Їх використовують для попереднього освітлення стічних вод перед подальшим очищенням на полях фільтрації, піщано-гравійних фільтрах, в фільтруючих колодязях. Для зменшення винесення з септиків завислих речовин їх влаштовують дво- або трикамерними (залежно від продуктивності). Виготовляють типові септики із залізобетону, а в останній час для приватного застосування використовують септики невеликої продуктивності, виготовлені з полімерних матеріалів.

Тривалість перебування осаду в септиках складає 6–12 місяців. Унаслідок безперервного надходження нових порцій свіжого осаду, в септиках відбувається тільки перша фаза – кисле бродіння. При цьому розпад сухої речовини осаду складає близько 30 %, середня вологість збродженого осаду – 90 %, хоча в нижніх шарах він ущільнюється до вологості 85 %. Гази бродіння піднімають на поверхню септика частинки осаду, що приводить до створення ущільненої кірки товщиною 0,35–0,4 м, а іноді й до 1 м. Осад з септиків видаляється за допомогою насосів, а 20 % його залишають як «затравку».

Стічні води, що виходять з септика, набувають неприємного запаху сірководня й аміаку, мають слабокислу реакцію. Подальше їх біологічне очищення складніше, ніж очищення свіжих стічних вод.

Двоярусні відстійники застосовують для попереднього освітлення стічних вод і одночасного анаеробного зброджування утворюваного осаду, а також надлишкової біоплівки або надлишкового активного мула.

Звичайно це круглі (іноді прямокутні) в плані споруди з конічним (пірамідальним) дном. У верхній частині споруди розміщені відстійні жолоби, нижня частина (мулова або септична камера) виконує функції камери зброджування (рис. 4.3).

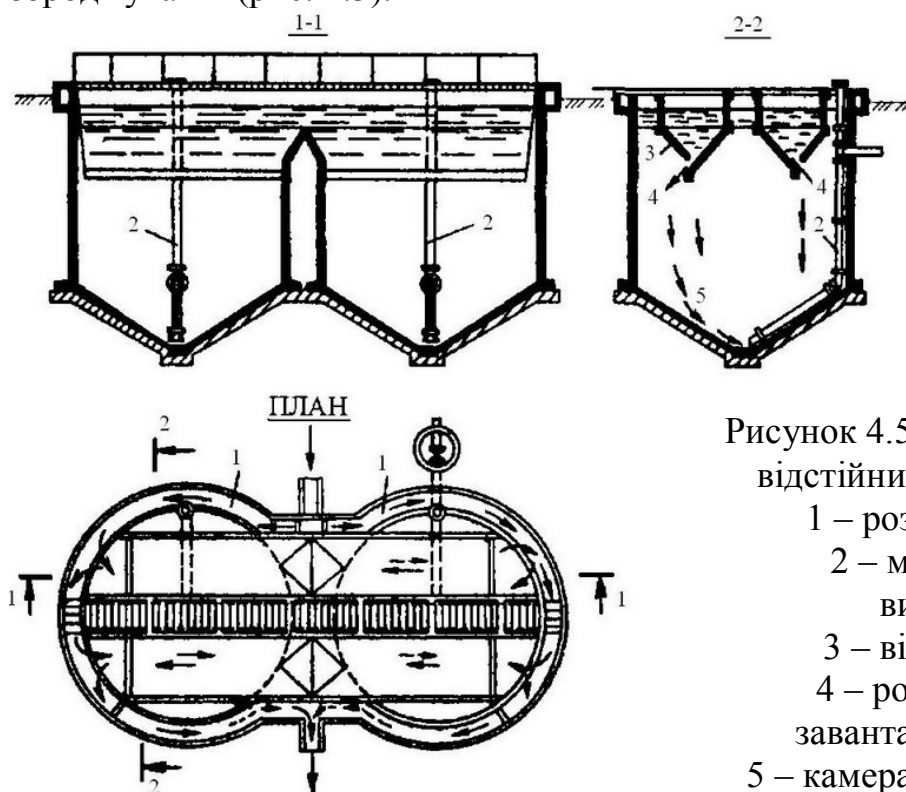


Рисунок 4.5 – Парний двоярусний відстійник с двома жолобами:

- 1 – розподільний лоток;
- 2 – мулова труба для вивантаження;
- 3 – відстійний жолоб;
- 4 – розвантажувально-завантажувальна щілина;
- 5 – камера зброджування осаду

Впускання і випуск стічних вод в жолоби здійснюють як і в звичайних горизонтальних відстійниках – через впускний і випускний лотки з напівзанурювальними дошками. Осад, який випадає на похилі стінки нижньої частини жолобів (кут нахилу до горизонту зверху 50°), мимоволі сповзає до щілин в дні та провалюється в мулову камеру. Щілини мають ширину 0,15 м, їх перекривають продовження однієї з похилих стінок на 0,15 м для запобігання попаданню в жолоб газів бродіння. Тривалість освітлення стічних вод у відстійних жолобах складає 1,5 год, а ефективності їх освітлення – 40–50 %. Для підвищення ефективності освітлення стічних вод жолоба двох сусідніх двоярусних відстійників влаштовують спареними.

На відміну від септиків, в мулових камерах двоярусних відстійників відбувається метанове бродіння осаду в психрофільних умовах. Тривалість зброджування складає 60–120 діб, а розпад беззольної речовини осаду – 40 %. Надлишкову біоплівку або надлишковий активний мул подають для зброджування безпосередньо в мулову камеру. Із-за значного впливу температури на протікання процесів зброджування необхідно здійснювати заходи щодо запобігання переохолодженню мулової частини двоярусних відстійників.

Перемішування осаду в мулових камерах двоярусних відстійників здійснюють тільки за рахунок бульбашок газів бродіння, які піднімаються на поверхню споруди. Осад, який знаходиться в нижніх шарах мулової камери, практично не перемішується, що сповільнює процес його зброджування, він злежується й ущільнюється під дією власної ваги до вологості 85 %. Середня вологість осаду, який випускають із споруди під гідростатичним тиском, складає 90 %.

Частинки осаду, що піднімаються газами бродіння на поверхню двоярусних відстійників, утворюють кірку на поверхні, не зайнятій відстійними жолобами. Взимку вона утеплює споруду, але, досягаючи значної товщини, кірка заважає нормальній експлуатації. Тому кірку періодично розбивають і занурюють у воду. Для запобігання швидкому накопиченню кірки площа, не зайнята відстійними жолобами, повинна складати не менше 20 % загальної площі дзеркала води, а відстань між стінками сусідніх відстійних жолобів – не менше 0,5 м.

Перевагами двоярусних відстійників є простота конструкції і експлуатації. Але їм властиві й значні недоліки: велика глибина споруд, що збільшує вартість їх будівництва; необхідність розміщення в опалюваних приміщеннях в районах з низькими зимовими температурами; можливість зменшення до 30 % ефекту освітлення стічних вод із-за проникнення в жолоби газів бродіння та частинок зброженого осаду; вірогідність забивання щілин в жолобах «зверху» при високій концентрації завислих речовин в стічних водах або «знизу» кіркою, утворюваною на поверхні; ущільнення осаду в нижній частині мулової камери до вологості 85 %, при якій процеси зброджування значно сповільнюються.

Подальшим розвитком конструкції двоярусних відстійників є **освітлювачі-перегнивачі** – споруди, які складаються із освітлювача з природною аерацією, концентрично розміщеного в середині перегнивача.

В освітлювачі з природною аерацією вона здійснюється за рахунок підсосу атмосферного повітря потоком стічних вод, який виливається в центральну трубу з підвідного лотка. Для того, щоб бульбашки атмосферного повітря захоплювалися потоком стічних вод і транспортувалися разом з ним вниз до виходу в камеру флокуляції, різниця відміток рівнів води в підвідному лотку та в освітлювачі повинна складати 0,6 м, а швидкість руху стічних вод в центральній трубі – 0,5–0,7 м/с. У камері флокуляції бульбашки повітря спливають і аерують стічну рідину, що сприяє флокуляції суспензії. Тривалість перебування стічних вод у камері флокуляції складає 20 хв., глибину камери приймають 4–5 м.

У зоні відстоювання освітлювача формується шар завислого осаду, при проходженні стічних вод через нього відбувається затримання дрібнодисперсних завислих речовин. При цьому швидкість висхідного потоку стічних вод в зоні відстоювання повинна складати 0,8–1,5 мм/с. Освітлені стічні води відводять через круговий периферійний лоток.

Затриманий осад під гідростатичним тиском поступає в насосну станцію і його подають далі в перегнивач по напірному трубопроводу, який закінчується над перегнивачем двома напівкільцевими трубопроводами з уприскувачами, направленими під кутом 45° до поверхні осаду. Цей же трубопровід служить для перемішування вмісту перегнивача та запобігання утворенню кірки на його поверхні. Для щоденного перемішування впродовж 3–4 год. осад відбирають з перегнивача за допомогою мулового трубопроводу (рис. 4.4).

Порівняно з двоярусними відстійниками освітлювачі-перегнивачі мають істотні переваги, які полягають в наступному:

1. Освітлювач і перегнивач відокремлені один від одного, що унеможливорює попадання зброджуваного осаду в зону освітлення та забезпечує зниження концентрації завислих речовин в стічних водах на 70 % і БПК_{повн} на 15 %.

2. Перемішування осаду в перегнивачі сприяє інтенсифікації його зброджування, робить неможливим утворення кірки на поверхні та ущільнення осаду в нижній частині освітлювача.

Надлишкову біоплівку й надлишковий активний мул подають для зброджування безпосередньо в мулову частину споруди. Тривалість перебування осаду в перегнивачі визначається його вологістю, температурою зброджування і складає 20-140 діб (при вологості осаду 95 % доза завантаження складає 0,72–5,0 %).

Завдяки розміщенню освітлювача в середині перегнивача (так само, як і відстійних жолобів у двоярусних відстійниках) температура осаду в освітлювачах-перегнивачах відповідає температурі очищуваних стічних вод.

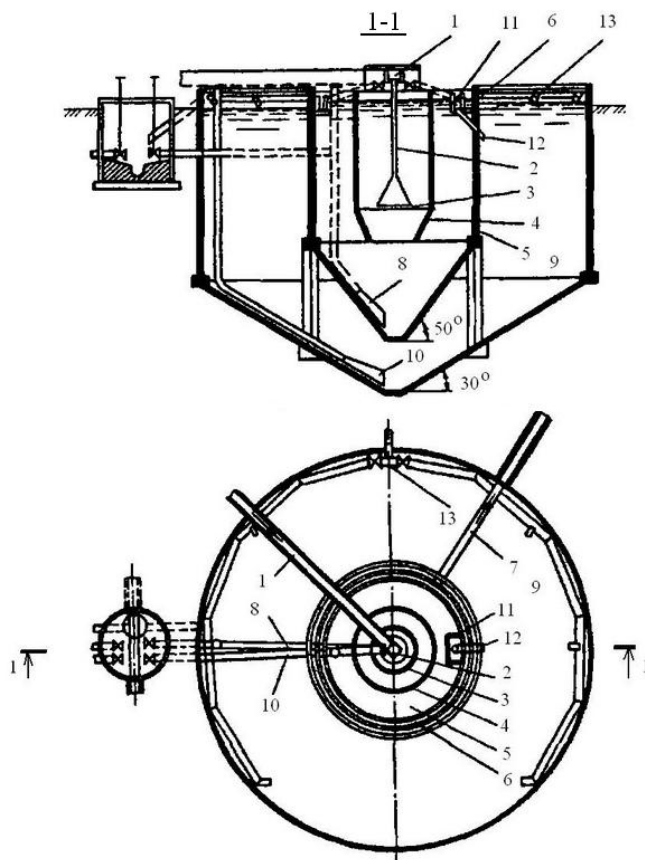


Рисунок 4.4 – Освітлювач-перегнівач:

1 – подаючий лоток; 2 – центральна труба; 3 – відбивний щит; 4 – камера флокуляції; 5 – зона відстоювання (освітлювач); 6 – збірний лоток;
7 – відведення освітлених стічних вод; 8 – мулова труба; 9 – камера для зброджування осаду (перегнівач); 10 – труба для видалення збродженого осаду;
11, 12 – лоток та труба для видаленні кірки; 13 – мулорозподільна труба

Метантенки є резервуарами для анаеробного зброджування сирого осаду, надлишкового активного мула або біоплівки, а також їх сумішей. На відміну від двоярусних відстійників і освітлювачів-перегнівачів у метантенках здійснюють підігрівання осадів, їх інтенсивне перемішування та утилізацію утворюваного біогазу.

У метантенках приймають мезофільний ($t=33^{\circ}\text{C}$) або термофільний ($t=53^{\circ}\text{C}$) режим зброджування. На більшості очисних станцій зброджування здійснюють в мезофільних умовах, що дає можливість вироблення біогазу в кількості, достатній як для підігріву метантенків, так і для отримання додаткового тепла. Термофільний процес дає можливість в 2 рази прискорити розпад органічної речовини та поліпшити санітарно-гігієнічні показники осадів, проте вимагає майже вдвічі більшої витрати тепла.

Час перебування осаду в метантенках при мезофільному режимі складає до 20–25 діб. Перевагами такої обробки є високий розпад беззольної речовини осаду (і відповідно вихід біогазу), його добрі водовіддаючі властивості, а також мінімальна витрата тепла на підтримку необхідної температури. Проте

тривалий час перебування осаду в метантенках вимагає дуже великих капітальних витрат на стадії будівництва.

При термофільному процесі зброджування час перебування осаду в метантенках складає 5–7 діб. Практика експлуатації метантенків при термофільному режимі показала, що одержані технологічні результати (розпад органічної речовини, водовіддаючі властивості осаду) далекі від досконалості.

Мають місце спроби поєднати переваги мезофільного і термофільного процесів. Ключовою стадією процесу зброджування осадів стічних вод є гідроліз твердої речовини, тому доцільно цю стадію проводити в інтенсивнішому (термофільному) режимі. Надалі процес раціонально проводити в мезофільних умовах для набуття оптимальних водовіддаючих властивостей осаду.

Також встановлено, що є стійка тенденція збільшення розпаду твердої фази осаду і виходу летких жирних кислот із збільшенням температури першої фази до 65°C.

При зброджуванні розпад органічної речовини осадів складає 43–53 %, відповідно зменшується кількість сухої речовини та підвищується вологість осадів. Склад утворюваного біогазу: метан – 60–70 %, вуглекислий газ – 16–34 %, азот – до 3 %, водень – до 3 %, кисень – 0,4 %, оксид вуглецю – 2–4 %. Теплотворна здатність метану 5000–5500 ккал/м³.

Залежно від виду, кількості зброджуваного субстрату та режиму зброджування метантенки мають різні конструктивні виконання. Найбільш характерні форми метантенків такі:

- овальна або яйцеподібна;
- циліндрична;
- циліндрична з конусною верхньою або нижньою частиною;
- циліндрична з конусною верхньою та нижньою частинами.

У реакторах овальної форми створюють найкращі умови для перемішування, відводу зброженого осаду і руйнування плаваючої кірки.

В циліндричних реакторах умови для руху рідини та перемішування субстрату менш сприятливі. Такі реактори потребують значних питомих витрат енергії. Перевага їх в технологічності виготовлення (використовують сталь та залізобетонні плити).

Циліндричні реактори з конічною верхньою та нижньою частинами забезпечують видалення зверху корки, знизу – мінералізованого субстрату, та за умовами сприяння перемішуванню наближаються до реакторів овальної форми.

Яйцеподібна форма є послідовним удосконаленням і оптимізацією класичної європейської форми реакторів метантенків, якій віддається перевага, починаючи з об'єму 5000 м³. В той же час найбільший реалізований одиничний об'єм складає 16670 м³. Така форма резервуару метантенка має максимальний об'єм при мінімальній площі поверхні, дозволяє скоротити матеріаломісткість при будівництві й тепловтрати при експлуатації.

У верхній частині півсферичного перекриття метантенков розташована горловина. Поверхня зброджуваної маси знаходиться вище за основу горловини, тому площа вільного дзеркала осаду в метантенках досить мала, що збільшує інтенсивність газовиділення на одиницю площі та зменшує небезпеку утворення кірки. У верхній частині перекриття є ковпак для збору газу.

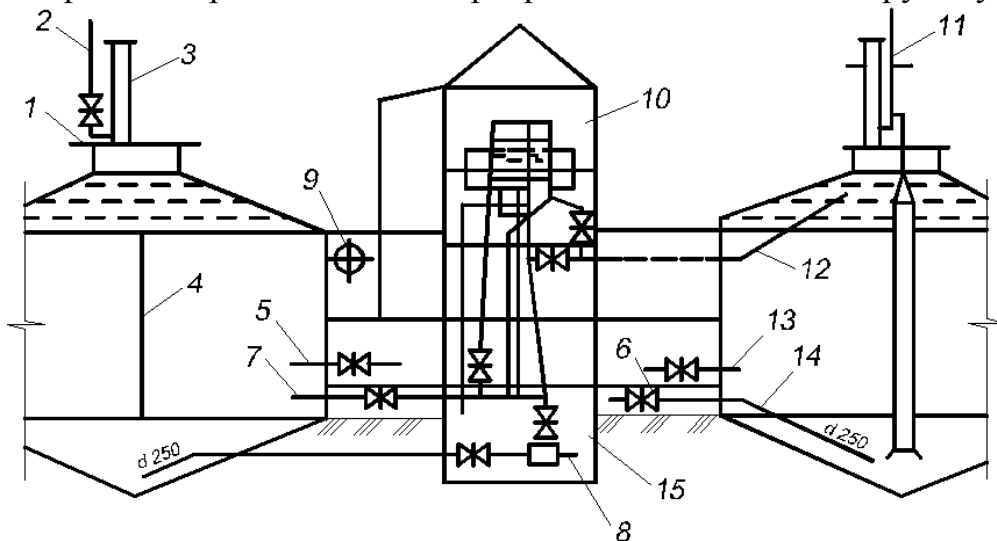


Рисунок 4.5 – Розріз метантенків і галереї управління:

- 1 – місток обслуговування; 2 – свічка; 3 – газовий ковпак;
- 4 – металева драбина; 5 – напірний трубопровід інжектора;
- 6 – приміщення інжектора; 7 – трубопровід випуску збродженого осаду; 8 – трубопровід спорожнення; 9 – газопровід; 10 – приміщення розподільних камер; 11 – таль; 12 – трубопровід для подачі сирого осаду;
- 13 – всмоктуючий трубопровід інжектора; 14 – трубопровід випуску збродженого осаду; 15 – приміщення насосної станції

Перемішування осаду в метантенках здійснюють впродовж 2–5 год. на добу. У них також відбувається природне перемішування осаду, обумовлене виділенням і підйомом бульбашок газу. Об'єднання цього явища з частим або тривалим завантаженням метантенка, замість завантаження його великими порціями, дозволяє понизити витрати на перемішування осаду.

Спосіб перемішування мула в метантенку має бути розрахований таким чином, щоб загальний об'єм зброджуваного осаду перемішувався не менше, ніж 5 разів на добу. Для якісного перемішування субстрату доцільно використовувати комбінований спосіб: мішалки й насоси завантаження сирого осаду.

Частково необхідний ступінь перемішування забезпечується системою подачі сирого осаду за допомогою регульованих об'ємних насосів збродженого осаду крізь змішуючий інжектор до контуру перемішування нагрітого осаду.

Перемішування здійснюють декількома способами:

- гідроелеваторами, в яких робочою рідиною служить осад, який подають насосом з нижньої зони метантенка;
- пропелерними мішалками (у вертикальному напрямі), які розміщують в центральній трубі в середині метантенка;

- насосами без гідроелеваторів;
- рециркуляцією газів бродіння за допомогою компресорів;
- за допомогою пристроїв для підігрівання осаду (паровими інжекторами); одночасно відбувається підігрів вмісту метантенка гострою парою.

Найбільш доцільно для перемішування осаду в метантенках використовувати мішалки. Але пропелерні мішалки, які встановлюють в трубі (рис. 4.6, а), – малоефективні, створюють лише місцеве перемішування, в експлуатації ненадійні, у разі заміни потребують спорожнення резервуару метантенків. Тому має сенс застосування занурених мішалок, наприклад типу „SCABA” (рис. 4.6, б) або „FLYGT”.

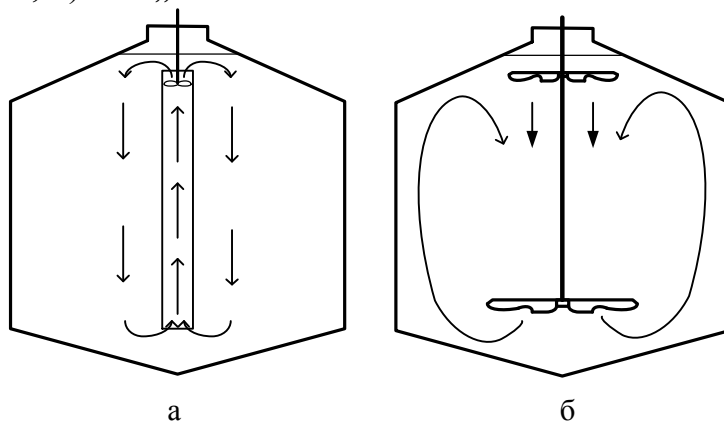


Рисунок 4.6 – Перемішування осаду в метантенках пропелерними мішалками, встановленими в центральній трубі (а), та зануреними мішалками (б)

Застосування подібних мішалок має такі переваги:

- низькі енерговитрати;
- контрольована циркуляція осаду;
- рівномірний розподіл температури в об’ємі метантенка;
- відмінна здатність руйнування корки;
- велика продуктивність;
- надійність.

Теплоізоляцію метантенка забезпечують за рахунок обваловки резервуару землею (або обкладання цеглиною з теплоізолюючим шаром) і покриття куполу багатошаровим утепленням перекриттям.

Сучасні метантенки працюють як прямотечійні реактори, тобто при завантажуванні сирим осадом з них автоматично витісняється аналогічна кількість зброженого осаду. Враховуючи, що у цьому випадку не відбувається розшарування осаду і не треба відводити мулову воду, можна вважати, що розподіл сухої речовини в середині метантенка приблизно однаковий.

Виходячи з цього, осад можна відводити також з поверхні в головці метантенку. Відведення осаду з головки метантенка дає можливість видаляти піну та плавучі речовини. Однак, основний випуск зброженого осаду має бути з нижньої частини метантенка.

В останній час підвищуються вимоги до якості очищення стічних вод, тому зростають об'єми надлишкового мулу. Надлишковий мул піддається анаеробному зброджуванню набагато складніше, ніж осад первинних відстійників. Тому для покращення здатності до розкладу надлишкового мулу застосовують у великому обсязі та з успіхом установки для подрібнення надлишкового мулу з використанням потужного ультразвуку. При цьому достатньо обробляти тільки 1/3 загальної кількості надлишкового мулу з питомою витратою енергії біля 7 кВт/м³. Таке подрібнення дозволяє досягнути суттєвого поліпшення розкладу органічної речовини надлишкового мулу при анаеробному зброджуванні та значно збільшити кількість біогазу. Додатковою, але значною перевагою подрібнення надлишкового мулу з використанням ультразвуку є те, що пригнічується утворення піни у метантенках, яка виникає від схильного до піноутворення надлишкового мулу.

Під оптимальним анаеробним зброджуванням осадів стічних вод розуміють відповідність таким вимогам:

- завантаження сучасних метантенків сирим осадом з відносно високим вмістом твердої речовини (~6-8 %) з метою економії об'єму реакторів;
- інтенсивне перемішування внаслідок підвищеного вмісту твердої речовини для можливості роботи у режимі, схожому з реакторним;
- не проводиться відведення мулової води, оскільки через підвищений вміст твердої речовини вже не відбувається розшарування осаду;
- робота метантенків в режимі реакторів, тобто з безперервним завантаженням протягом 24 годин.

Для забезпечення оптимального режиму процесу анаеробного бродіння слід здійснювати постійний контроль наступних параметрів:

- температури завантажувального і розвантажувального осаду, гарячої води (прямої та зворотної), що подається до теплообмінників нагріву завантажувального осаду, біогазу;
- об'єму осаду, що завантажується в реактори, а також об'єму надлишкового мулу і осаду первинних відстійників, об'єму біогазу, що утворюється в реакторах, об'єму теплоносія (гарячої води) теплообмінників нагріву осаду;
- тиску біогазу, тиску осаду, гарячої води біля теплообмінників осаду;
- рН збродженого осаду;
- рівню осаду в камері вивантаження збродженого осаду;
- вмісту метану (CH₄) в біогазі;
- вмісту органічної речовини в осаді.

Виходячи із характеристики процесу зброджування та його технології, можна виділити такі основні вимоги до реакторів:

- абсолютна герметичність стінок, що перешкоджає газообміну;
- герметичність для рідини;
- збереження міцності в статичному стані при дії власної сили тяжіння та маси завантаженого субстрату;
- достатня товщина теплоізоляції;

- корозійна стійкість;
- надійність процесів завантаження і розвантаження;
- доступність внутрішнього простору для обслуговування.

Кількість газу, що виходить при зброджуванні осаду, залежить від складу осаду і на різних очисних спорудах коливається в значних межах.

Інтенсивність зброджування залежить від температури бродіння, співвідношення між кількістю осаду, що знов поступає, і кількістю вже зрілого осаду, тобто добової дози завантаження, яке у свою чергу залежить від режиму зброджування і вологості завантажуваного осаду (чим менше вологість, тим нижче доза) і від перемішування. Причому фактором, що визначає швидкість процесу бродіння органічних речовин, є температура. Чим менше завантаження, тим глибше розпад осаду.

Розрахунок метантенків полягає в підрахунку кількості осадів, що утворюються на станції, виборі режиму зброджування, визначенні необхідного об'єму споруд, ступеня розпаду беззольної речовини осаду і виходу газу з 1 кг органічної речовини осаду.

Для стабілізації процесів анаеробного зброджування осадів стічних вод та інтенсифікації роботи метантенків необхідно забезпечити:

- попередню підготовку осаду, яка складається з видалення грубодисперсних включень (проціджування осаду) та удосконалення роботи піскоуловлювачів для зменшення мінеральної складової осаду первинних відстійників;
- безперервне завантажування-розвантажування осадів, що дасть можливість стабілізувати швидкість анаеробного розкладання органічної складової зброджуваного осаду і забезпечить рівномірне виділення біогазу протягом доби;
- перемішування осаду в резервуарах метантенків з оптимальною інтенсивністю, що забезпечить ефективне використання всього об'єму резервуару, виключить утворення мертвих зон, розшарування осаду, відкладання мінералізованого осаду та утворення кірки, а також сприятиме вирівнюванню температурного поля та покращенню газоутворення;
- підтримання оптимальної температури режиму зброджування (мезофільного 32–35°C, термофільного 52–55°C);
- завантажування попередньо підігрітого осаду вважається за краще, тому що надходження холодного осаду сповільняє процес анаеробного зброджування;
- нагрівання завантажуваного осаду краще проводити в теплообмінниках «вода-осад», тому що подача пари до резервуару метантенків збільшує вологість зброджуваного осаду, веде до повної втрати конденсату та збільшує експлуатаційні витрати. Крім того, висока температура пари (вище 100°C) негативно впливає на анаеробні мікроорганізми.

Суттєвим пунктом оптимізації анаеробного зброджування осадів є мінімізація кількості осаду для зменшення об'єму реакторів. Це досягається за рахунок зменшення вологості осаду, що завантажуються в реактори. Осад

первинних відстійників і надлишковий мул слід роздільно відбирати та ущільнювати до вологості 95 %.

Вологість осаду первинних відстійників може бути зменшена до 95 % у відповідним чином розрахованих бункерах для осадів в первинних відстійниках.

Надлишковий мул має високу вологість – 99,2–99,6 %. У разі гравітаційного ущільнення надлишкового мулу можуть бути досягнені величини вологості 96,5–97,3 %, тому слід застосовувати механічне згущення.

Останнім часом метантенки експлуатують як повністю проточні реактори з перемішуванням, тому завантаження має проводитись за можливістю безперервно та рівномірно протягом доби. Взагалі сирий осад для досягнення рівномірного розподілу субстрату має завантажуватися в метантенки вже попередньо підігрітим та змішаним із збродженим осадом. Співвідношення суміші сирого та збродженого осаду повинно складати приблизно 1:10.

Безперервне завантаження є суттєвою складовою оптимального режиму зброджування як з точки зору самого процесу, так і з точки зору використання обладнання (об'єм газгольдерів, обладнання нагріву осаду тощо).

Для усунення нерівномірності виходу біогазу з метантенків, його акумуляції, вирівнювання тиску і складу газу застосовують *газгольдери*, місткість яких встановлюють відповідно до графіка виходу і споживання газу.

Вид і розміри газгольдерів значною мірою впливають на вартість їх та всієї біогазової установки.

Вартість одного газгольдера наближається до 30-40 % загальної вартості комплексу метантенків. Тому з економічної точки зору необхідно шукати нові рішення, які дозволили б знизити витрати на спорудження й обслуговування газгольдерів (це тим важливіше, чим менше продуктивність очисних споруд каналізації) чи розробити надійну схему біогазопостачання очисних споруд каналізації без газгольдера.

Необхідними умовами для безгазгольдерної системи біогазопостачання є:

- забезпечення стійкого процесу анаеробного зброджування з рівномірним завантаженням і вивантаженням осаду;

- раціональний підбір установок і технології з використання біогазу для більш рівномірного його споживання (по заздалегідь розрахованим кривим очікуваного споживання);

- можливість автоматичного переключення установок з біогазу на природний газ або навпаки.

Застосовують такі типи газгольдерів:

- сферичні високого тиску;
- мокрі низького тиску дзвонового типу;
- сухі низького тиску манжетного типу;
- оболонкові низького тиску;
- найпростіші.

У комунальному господарстві звичайно застосовують мокрі газгольдини дзвонового типу, зрідка оболонкові низького тиску.

Тип і об'єм газгольдерів вибирають на підставі техніко-економічних розрахунків.

Газгольдини можуть бути вбудованими в корпус реактора. Такі газгольдини, як правило, розраховані на тиск менше 5 кПа. З метою максимального використання всього об'єму утворюваного біогазу при нерівномірному виході його з метантенків і нерівномірному споживанні рекомендується в проекті біогазової установки передбачити газгольдини з об'ємом, який дорівнює 2–4 об'ємам виходу біогазу.

З газгольдерів біогаз поступає до споживачів.

3 Аеробно-анаеробні та анаеробно-аеробні процеси стабілізації

При використанні зброджених осадів в сільському господарстві до них пред'являють достатньо жорсткі санітарно-гігієнічні вимоги, що спричиняє за собою необхідність знезараження осадів, яке може бути досягнуте при термофільному анаеробному збродженні.

Однак унаслідок енергоємності цього процесу і погіршення водовіддаючих властивостей термофільних зброджених осадів цей процес має обмежене застосування. Замість нього може бути використана аеробна термофільна стабілізація, яка у поєднанні з мезофільним збродженням забезпечує біологічну стабілізацію і знезараження осадів, отримання енергії у вигляді біогазу, а в деяких варіантах – поліпшення водовіддаючих властивостей осаду.

Технології анаеробного збродження з попереднім або завершуючим аеробним ступенем базуються на використанні особливостей мікроорганізмів, які здійснюють ці процеси, і на їх різному відношенні до факторів навколишнього середовища.

Найбільші перспективи застосування мають аеробно-анаеробні процеси (рис. 4.7).

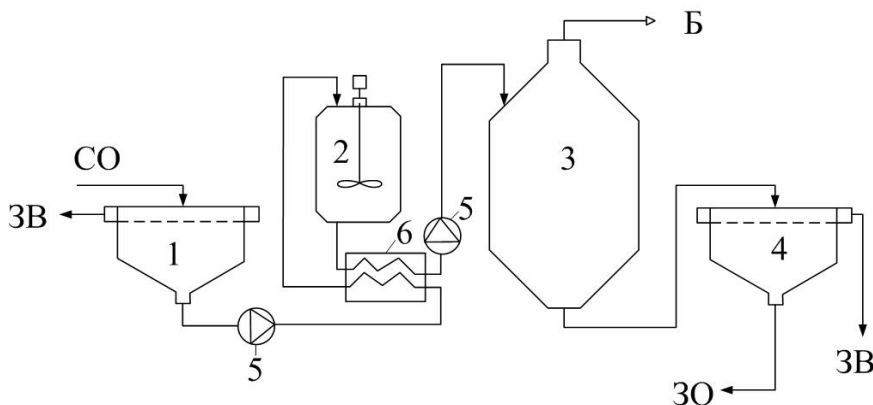


Рисунок 4.7 – Схема аеробно-анаеробної стабілізації:

1 – ущільнювач сирого осаду; 2 – аеробний реактор; 3 – анаеробний реактор; 4 – ущільнювач збродженого осаду; 5 – насос; 6 – теплообмінник;
СО – сирий осад; ЗО – зброджений осад на зневоднення; Б – біогаз;
ЗВ – зливна вода

Попередня аеробна обробка протягом 1–2 діб перед анаеробним зброджуванням значно впливає на загальний результат стабілізації по виходу газу і зниженню концентрації органічної речовини. Продування протягом цього часу осаду на I ступені знижує концентрацію органічної речовини і тим самим навантаження на II анаеробний ступінь. Подальше збільшення тривалості аеробної передобробки приводить до істотного збільшення ступеня аеробного окислення органічної речовини (знижується відношення БПК:ХПК) і зменшення утворення біогазу в анаеробному ступені, при цьому склад газу і його теплота згорання не відрізняються від звичайного одноступінчатого процесу.

В результаті метаболічної активності аеробних мікроорганізмів вивільняється значна кількість енергії, що приводить до підвищення температури в реакторі. Основними факторами, що впливають на ступінь підвищення температури, є подача достатньої кількості кисню повітря або чистого кисню і концентрація сирого осаду у поєднанні з тривалістю стабілізації.

В процесі аеробної попередньої обробки істотно знижується концентрація летючих жирних кислот (ЛЖК), завдяки чому підвищується стабільність осаду, що досягається в анаеробному ступені. Осаджуваність осадів, оброблених аеробно-анаеробним методом, дещо краще, а зневоднюваність дещо гірша, ніж у осадів, добре зброджених в мезофільному одноступінчатому метантенку (протягом 20 діб).

Наявний в Європі та США практичний досвід застосування аеробно-анаеробного процесу стабілізації осадів свідчить про його велику надійність і стійкість в умовах нерівномірного надходження осаду, а також за наявності в ньому токсичних для анаеробного процесу хімічних компонентів. Для підтримки необхідної температури в аеробному реакторі він має бути закритим і мати необхідну теплоізоляцію. Крім того, необхідно, особливо в умовах холодного клімату, забезпечити систему рекуперації теплоти стабілізованого осаду і навіть подачу зовнішньої теплоти. Для подачі повітря використовують різні типи аераторів. Слід передбачити також ріжучі пристрої для розбивання піни в аеробному реакторі.

Даний спосіб дозволяє на 20–30 % зменшити об'єм споруд порівняно з одноступінчатим мезофільним зброджуванням при часі перебування осаду 20 діб. Проте порівняно з одноступінчатим термофільним зброджуванням, де використовується коротший час перебування осаду, ця перевага зводиться до мінімуму.

За приведеними витратами даний спосіб не дає значних переваг, проте його надійність, можливість досягнення гігієнічно бездоганних осадів і їх непогані водовіддаючі властивості роблять його конкурентоздатним по відношенню до інших методів стабілізації. Аеробно-анаеробна стабілізація рекомендується для міст з населенням від 50 до 290 тис. жителів. Для крупніших міст доцільне застосування тільки анаеробної стабілізації, для дрібніших – тільки аеробної.

Задовільні результати із знезараження осадів, а також досягнення хороших водовіддаючих властивостей забезпечуються при використанні анаеробно-аеробних процесів (рис. 4.7). У реакторі I ступеня здійснюють анаеробний мезофільний процес з тривалістю перебування осаду від 3 до 20 діб, а в реакторі II ступеня - подальше аеробне розкладання з виділенням теплоти і саморозігріванням осаду до $t=50^{\circ}\text{C}$. При такій схемі зброджування не досягається фазове розділення процесу, оскільки в метантенк поступає осад без попередньої обробки. Анаеробний реактор працює як звичайний одноступінчатий метантенк, в якому при тривалому зброджуванні може бути досягнута глибока стабілізація органічної речовини осаду з високим виходом газу, на що потрібні великі об'єми споруди. При коротшому часі перебування відбувається неповне зброджування осаду і спостерігається втрата 15-20 % біогазу.

У першому випадку аеробний реактор розраховують виходячи з часу і температури, необхідних тільки для знезараження, в другому тривалість аеробного процесу має бути збільшена для досягнення необхідної стабілізації органічної речовини осаду. Аеробна стабілізація (3–4 доби) після анаеробного зброджування (6 діб при температурі 32°C) дозволяє поліпшити водовіддаючі властивості осадів.

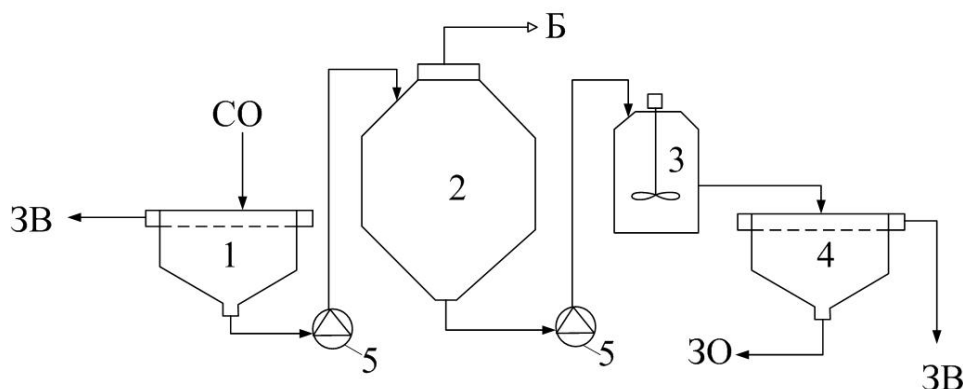


Рисунок 4.7 – Схема анаеробно-аеробної стабілізації осаду:

- 1 – ущільнювач сирого осаду; 2 – анаеробний реактор; 3 – аеробний реактор; 4 – ущільнювач збродженого осаду; 5 – насос; СО – сирий осад;
 ЗО – зброджений осад на зневоднення; Б – біогаз; ЗВ – зливна вода

Розроблено декілька варіантів технологічних рішень, заснованих на поєднанні анаеробних і аеробних процесів. Застосування цих рішень повинне було сприяти скороченню витрат електроенергії, отриманню біогазу і підвищенню розпаду осаду і його водовіддаючих властивостей. Перша технологічна схема включає анаеробне зброджування сирого осаду первинних відстійників і його подальшу аеробну стабілізацію спільно з надлишковим активним мулом, друга - аеробну стабілізацію надлишкового активного мула, анаеробне зброджування осаду первинних відстійників, змішення цих осадів, подальше ущільнення і зневоднення отриманої суміші.

За наслідками досліджень різних варіантів двофазних анаеробних процесів з різними температурними режимами і комбінацією анаеробно-

аеробних процесів, а також на основі наявного досвіду їх застосування більшість авторів приходять до висновку, що ці способи найбільш ефективні для інтенсифікації анаеробного зброджування. Переваги їх полягають в досягненні необхідного ступеня стабілізації і знезараження осадів, поліпшенні водовіддаючих властивостей, отриманні біогазу, зменшенні об'ємів споруди. Перераховані переваги переважають недоліки цих технологій, до яких слід насамперед віднести вищу трудомісткість і декілька великі виробничі витрати порівняно з одноступінчатим зброджуванням. Разом з тим не всі комбінації ефективні, а застосування деяких з них неможливе або недоцільно.

Контрольні питання

1. Для чого осади стічних вод піддають стабілізації?
2. В яких умовах та спорудах здійснюють стабілізацію осадів стічних вод?
3. Опишіть процес аеробної стабілізації осадів стічних вод.
4. Які споруди використовують для аеробної стабілізації осадів стічних вод?
5. Які чинники впливають на ефективність процесу аеробної стабілізації?
6. Яка тривалість процесу аеробної стабілізації осадів?
7. Опишіть схеми процесу аеробної стабілізації осадів.
8. Як аеробна стабілізація осадів впливає на вміст у їхньому складі патогенної мікрофлори?
9. Назвіть переваги та недоліки аеробних стабілізаторів.
10. Опишіть процес анаеробної стабілізації осадів стічних вод.
11. Назвіть стадії анаеробного метанового зброджування осадів.
12. Назвіть основні технологічні параметри, що визначають ефективність процесу анаеробного зброджування осадів.
13. Як хімічний склад осаду впливає на процес його зброджування?
14. Які є температурні режими життєдіяльності анаеробних мікроорганізмів?
15. Як визначають добову дозу завантаження осаду в камері зброджування?
16. Яке значення має перемішування вмісту камери зброджування?
17. Охарактеризуйте роботу септиків.
18. Охарактеризуйте роботу двоярусних відстійників.
19. Охарактеризуйте роботу освітлювачів-перегнивачів.
20. Охарактеризуйте роботу метантенків.
21. Які режими зброджування можуть бути в метантенках?
22. Яку форму резервуарів метантенків вважають якнайкращою?
23. Як здійснюють перемішування мула в метантенках?
24. Назвіть основні вимоги до реакторів зброджування осадів.
25. Опишіть схеми нагрівальних пристроїв вмісту метантенків.
26. Які заходи необхідно забезпечити для стабілізації процесів анаеробного зброджування осадів стічних вод та інтенсифікації роботи метантенків?
27. Як можна реалізувати аеробно-анаеробні та анаеробно-аеробні процеси стабілізації?
28. Опишіть схему аеробно-анаеробної стабілізації осаду.
29. Опишіть схему анаеробно-аеробної стабілізації осаду.

Тема 5 Кондиціювання осадів

1. Безреагентне кондиціювання осадів.

2. Кондиціювання осадів із застосуванням реагентів.

Для поліпшення вологовіддачі осадів необхідно провести їх *кондиціювання*, тобто змінити структуру їх твердої фази перед зневодненням чи утилізацією. Зазвичай осади кондиціонують перед механічним зневодненням, а в окремих випадках – перед природнім.

Метод кондиціювання значною мірою визначає продуктивність апаратів для зневоднення осаду, забрудненість мулової води та кінцеву вологість зневодненого осаду.

1 Безреагентне кондиціювання осадів

Зменшення питомого опору осадів фільтрації при їх *промиванні* досягають завдяки видаленню з них колоїдних і дрібнодисперсних частинок, а також зменшення лужності осадів. Промивання найбільш ефективне для анаеробно зброджених осадів. Не здійснюють промивання осадів сирих, аеробно стабілізованих чи анаеробно зброджених у двоярусних відстійниках чи освітлювачах-перегнивачах. Промивання осадів здійснюють біологічно очищеною стічною водою. Кількість промивної води слід приймати, $\text{м}^3/\text{м}^3$:

– для збродженого сирого осаду – 1–1,5;

– для збродженої в мезофільних умовах суміші сирого осаду і надлишкового активного мула – 2–3;

– те ж, в термофільних умовах – 3–4.

Промивання осаду здійснюють у двох або більше спеціальних резервуарах на протязі 15–20 хв. при безперервному перемішуванні (рис. 5.1). Промивні резервуари повинні мати пристрої для видалення спливаючих домішок і спорожнення. При перемішуванні повітрям його витрата визначається з розрахунку $0,5 \text{ м}^3$ на 1 м^3 суміші. Ущільнення суміші промитого осаду та відділення мулової води здійснюють у не менш ніж у двох радіальних (іноді – в горизонтальних) мулозгущувачах. Тривалість перебування суміші осаду й промивної води в робочій зоні мулозгущувача приймають 12–18 і 20–24 год. відповідно для мезофільного та термофільного режимів зброджування; об'єм мулової частини мулозгущувачів розраховують на зберігання там осаду вологістю 94–96 % протягом 2 діб.

До безреагентних методів кондиціювання осаду відносять теплову обробку і заморожування з подальшим відтаванням.

Теплова обробка полягає в нагріванні осадів до температури $170\text{--}220^\circ\text{C}$ і витримці їх при цій температурі в закритих ємкостях – автоклавах, реакторах протягом 30–120 хв.

Схема теплової обробки осаду, показана на рисунку 5.2, включає дробарку, резервуар для осаду, поршневий насос високого тиску для подачі осаду в реактор, теплообмінник, де осад, що поступає, заздалегідь нагрівається

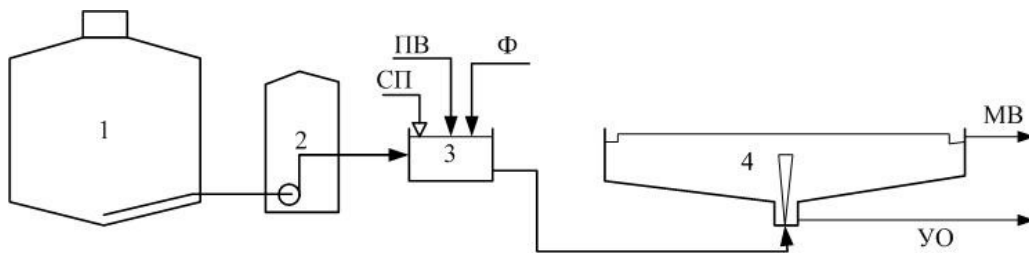


Рисунок 5.1 – Схема кондиціонування зброженого осаду промиванням та ущільненням:

УО – ущільнений осад на механічне зневоднення; СП – стиснуте повітря; ПВ – промивна вода; Ф – фугат; МВ – мулова вода;

1 – метантенк; 2 – насосна станція; 3 – промивна камера; 4 – ущільнювач

вже обробленим осадом і реактор, в якому осад витримують при тиску 1,2–2 МПа протягом 30–90 хв. при температурі 150–200°C. Підігрів осаду в реакторі здійснюють гострою парою. Для ущільнення осаду і відділення мулової води перед подачею на зневоднення в схемі передбачений мулоущільнювач. Об'єм ущільненого осаду складає 20–30 % від первинного, а його вологість – 92–94 %.

Осад після теплової обробки швидко ущільнюється до вологості 92–94 %, тобто його об'єм скорочується в 2–4 рази, причому зневоднюють осади без обробки їх хімічними реагентами.

Осад після заморожування і відтавання зневоднюють механічним шляхом теж без застосування додаткових реагентів.

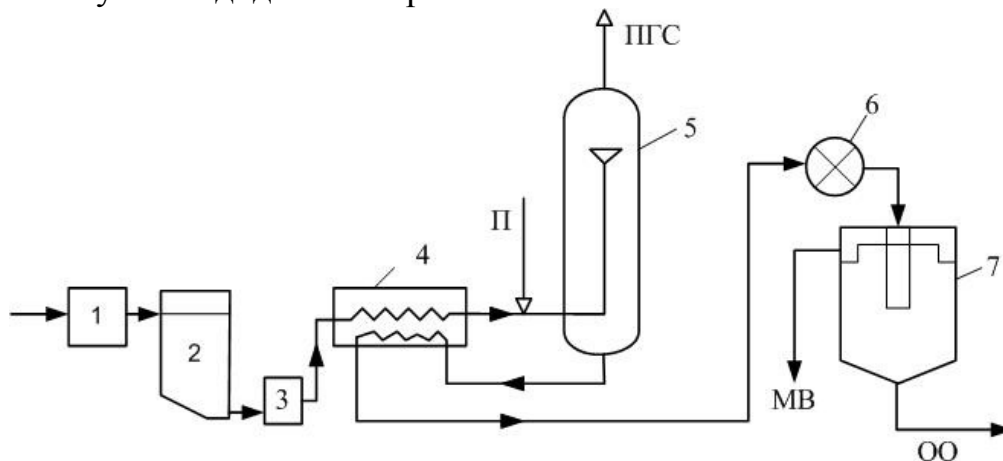


Рисунок 5.2 – Технологічна схема теплової обробки осаду:

П – пара; ПГС – парогазова суміш; МВ – мулова вода;

ОО – оброблений осад на зневоднення;

1 – дробарка; 2 – резервуар осаду; 3 – насос; 4 – теплообмінник;

5 – реактор; 6 – пристрій для зниження тиску; 7 – ущільнювач

2 Кондиціонування осадів із застосуванням реагентів

В даний час застосовують просте в експлуатації та високоефективне хімічне кондиціонування поліелектролітами (флокуляція) і рідше – неорганічними електролітами (коагуляція).

Оскільки осаді містять негативно заряджені колоїди, то для їх коагуляції застосовують катіонні носії заряду: солі алюмінію та заліза, а також органічні катіонні полімери.

При розчиненні у воді солі алюмінію та заліза утворюють продукти гідролізу і призводять до зниження рН осаду до 4–5. Тому в осад необхідно ввести вапно (для підвищення рН понад 10) для збільшення ефективності коагуляції. Крім того, введення вапна в осаді запобігає розповсюдженню їх запаху.

Синтетичні флокулянти отримали набагато ширше застосування, ніж природні, зважаючи на кращі флокуляційні властивості та економічніше виробництво. Застосовують в основному катіонні синтетичні органічні поліелектроліти.

Вживані як реагенти хлорне й сірчаноокисле залізо, а також вапно, вводять в осад у вигляді 10 %-них розчинів, а флокулянти – у вигляді 0,1–0,15 %-них розчинів. Дози реагентів визначають дослідним шляхом.

Як відомо, флокулянти – розчинні у воді високомолекулярні речовини, вживані для відділення твердої фази від рідини; вони створюють з колоїдними і тонкодисперсними частинками в рідкій фазі тривимірні структури (пластівці). Для зневоднення осадів стічних вод найбільш широке застосування отримали синтетичні флокулянти – поліакриламід і сополімери на його основі. Це обумовлено рядом властивостей поліакриламідів: продукт нетоксичний, легко полімеризується і сополімеризується з іншими мономерами.

Процес сополімеризації забезпечує отримання широкого спектру поліелектролітів, що несуть позитивний (катіонний) або негативний (аніонний) заряд на полімерному ланцюзі. У осадах станцій біологічного очищення стічних вод в основному містяться негативно заряджені частинки, тому для флокуляції таких осадів потрібні катіонні флокулянти.

Відомо, що ефективність процесу флокуляції підвищується із збільшенням розміру макромолекул флокулянту в розчині. Оскільки флокулянти є електролітами, розміри їх макромолекул залежать від іонної сили розчину, тобто від вмісту в ньому розчинних солей. Природно також, що наявність у воді-розчиннику завислих речовин знижує ефективність розчину, оскільки деяка кількість флокулянту витрачається на флокуляцію цих частинок вже в процесі розчинення флокулянта, і тому застосування технічної води для цих цілей небажано.

При використанні органічних флокулянтів необхідно використовувати устаткування, яке зважає на непросту специфіку таких препаратів, що вимагають суворого поводження як в процесі зберігання і розчинення, так і в процесі насосного транспортування. Головною умовою є отримання доспілого однорідного розчину і подача в точку споживання спеціальними насосами, які за рахунок своєї конструкції не допускають механічного руйнування довголанцюгових молекул середовища.

Головною причиною неефективного використання порошкоподібних і гранульованих органічних флокулянтів є утворення нерозчинних грудок

(злипання гранул) на першому етапі замочування. Важливо спеціальним шнеком створити інжекцію сипкого продукту і під певним кутом направити струмінь води, в цьому випадку забезпечується змочування кожної частинки, після чого не відбудеться злипання.

Важливим елементом є робота мішалки з лопатями певної форми, яка забезпечує плавне і одночасно інтенсивне перемішування дуже в'язкого розчину із-за високої молекулярної маси сухих продуктів. При цьому забезпечуються дві необхідні умови:

1) повне розчинення – дозрівання розчину, а отже, його 100 % використання та виключення проскакувань недорозчинених гранул. Іноді ця умова знижує необхідний ефект і одночасно для її отримання необхідне підвищення доз по сухому продукту до 30 % .

2) забезпечення цілісності молекул при використанні для перемішування або стислого повітря, або мішалки з лопатями, які створюють щадні умови перемішування, не руйнуючи навіть при високих обертах довголанцюгові розкриті молекули.

Неправильно сконструйований вузол приготування розчину впливає на структуру розчину: довга молекула руйнується, розриваючись на окремі шматки, і тому розчин приходить в практично непридатний стан. Окрім цього, устаткування насосного дозування має бути шнекового або, в крайньому випадку, плунжерного типу. Не допускається використання лопатевого типу насосів.

При розбавленні водних розчинів флокулянтів в'язкість зменшується, внаслідок чого можливе руйнування полімеру при механічній дії – перемішуванні за допомогою мішалки, а також при подачі готового розчину флокулянта насосом. Тому перемішування розчину флокулянту необхідно проводити тільки тихохідними мішалками.

Економія флокулянта та ефективність центрифугування осадів значною мірою залежать від повноти його розчинення. Для приготування робочого розчину порошкоподібного флокулянта застосовують дві технологічні схеми:

- одностадійна – приготування розчину 0,1–0,15 %-ної концентрації;
- двостадійна – приготування розчину 0,5–1,0 %-ної концентрації та подальше її доведення (розбавлення) до робочої концентрації 0,1–0,15 %.

Необхідно відзначити, що дозування порошкоподібного флокулянта не допускається без застосування диспергатора, що забезпечує змочування зерен флокулянта.

Практика роботи цехів обробки осаду на станціях аерації показала, що із збільшенням об'ємів зневоднюваних осадів двостадійне приготування флокулянта є продуктивнішим і економічнішим.

Для розчинення флокулянта використовують круглі або квадратні в плані баки, співвідношення їх робочої висоти до діаметру або сторони квадрата складає 1:1 – 1,1:1. Стіни і днища баків залежно від розмірів виконують із залізобетону або сталі, внутрішні поверхні футерують матеріалами, що запобігають корозії. Днища баків мають ухил не менше 0,01 до трубопроводу

спорожнення. Трубопроводи, які відводять робочий розчин, для запобігання засмоктуванню в них можливих донних відкладень розташовують вище за дно бака на 10–20 см.

Приготування розчинів флокулянтів здійснюють за допомогою механічних мішалок. Для цієї мети використовують турбінні або пропелерні мішалки різних модифікацій, що вмонтовують на вертикальному валу в баку (відстань від дна бака до лопатей мішалки повинна дорівнювати діаметру мішалки). Вали встановлюють в баках на відстані 0,3 м від центральної осі бака. Рекомендоване число лопатей мішалок – 3–6. З пропелерних найчастіше застосовують мішалки з кроком пропелера, який дорівнює діаметру мішалки.

Для приготування розчину флокулянта мішалки створюють певну інтенсивність перемішування: окружна швидкість обертання мішалки складає 1,5–4,0 м/с (великі швидкості не допускаються, оскільки в цьому випадку відбудеться розрив молекулярних ланцюгів флокулянта); швидкість циркуляції розчину в баку 40–60 об/год.

При одноразовому проходженні через відцентровий насос робочий розчин флокулянта втрачає до 83 % своєї активності (ефективності), при проходженні через гвинтовий насос – до 8 %. При подачі за допомогою стислого повітря – до 10 %. Оскільки при зневодненні осадів потрібне по можливості точніше дозування розчину флокулянта, а також наявність умов для автоматизації цього процесу, то перекачування розчинів флокулянта слід здійснювати тільки гвинтовими насосами.

Контрольні питання

1. Для чого осади стічних вод піддають кондиціонуванню?
2. Назвіть методи кондиціонування осадів?
3. Які процеси лежать в основі реагентних методів кондиціонування осадів?
4. Чому зменшується питомий опір осадів фільтрації при їх промиванні?
5. Якою водою здійснюють промивання осадів?
6. Для яких осадів застосовують кондиціонування промиванням?
7. Які реагенти застосовують для кондиціонування осадів стічних вод?
8. Як флокулянти впливають на властивості осадів стічних вод?
9. Яке обладнання рекомендовано застосовувати для приготування розчинів флокулянтів?
10. Які технологічні схеми застосовують для приготування робочого розчину порошкоподібного флокулянта?
11. Назвіть безреагентні методи кондиціонування осаду.

Тема 6. Методи зневоднення осадів

1. Природне зневоднення осаду.

2. Механічне зневоднення осаду.

Істотне зменшення об'єму осадів стічних вод здійснюють або в природних умовах (на мулових площадках, мулових ставках), або в штучних умовах (на фільтр-пресах, центрифугах та ін). Після *зневоднення* осади зменшуються в об'ємі в 7–15 разів, тобто мають вологість 55–80 %.

1 Природне зневоднення осаду

Найбільш поширеним методом зневоднення осаду є сушка його на *мулових площадках* різних конструкцій. Застосовують мулові площадки на природній основі з дренажем і без дренажу, на штучній дренуючій основі, на асфальтобетонній основі з дренажем, а також каскадні мулові площадки з відстоюванням і поверхневим видаленням мулової води, мулові площадки з гравієвими колодязями, площадки-ущільнювачі, площадки з механічним видаленням осаду або будь-якої іншої конструкції.

Механізм дії мулових площадок в основному зводиться до таких процесів:

- ущільнення осаду і видалення рідкої фази з поверхні;
- фільтрація рідкої фази через шар осаду і видалення її за допомогою дренажної системи;
- випаровування рідини з вільної поверхні осаду.

Залежно від конструкції площадки та властивостей осаду вказані процеси можуть поєднуватися один з іншим.

Теоретично збільшення висоти напуску повинне призводити до прискорення фільтрації осаду, проте швидкість випаровування вологи при цьому знижується. Оскільки вказані процеси надають протилежний ефект на швидкість вологовіддачі в цілому, то оптимальний режим може визначатися характеристиками конкретного осаду.

Мулові площадки складаються з карт, оточених з усіх боків валиками. Розміри карт і число випусків визначають виходячи з вологості осаду і способу прибирання після підсихання.

Осад, розлитий по картах, підсушується переважно за рахунок випаровування води. Частина води профільтровується через дренаж або в ґрунт (на природній основі). Підсушений осад згрібають бульдозером або скрепером, навантажують в автомашини і відвозять на подальшу утилізацію. Вологість підсушеного осаду складає близько 75 %. На мулових площадках влаштовують дороги з пандусами для з'їзду на карти автотранспорту і засобів механізації.

Робоча глибина карт – 0,7–1 м; висота захисних валиків на 0,3 м вище за робочий рівень осаду на карті. Число карт – не менше 4. Площа мулових площадок залежить від кількості осаду, його характеру і кліматичних умов.

Повна площа має бути на 20–40 % більше корисної. Ця площа необхідна для влаштування валиків і доріг.

Зимою осад на мулових площадках заморожується. Для зимового наморожування допускається використання 80 % площадок, а 20 % призначається для використання в період весняного танення намороженого осаду.

Відведення мулової води з мулових площадок слід передбачати на очисні споруди, при цьому споруди розраховують з урахуванням додаткових забруднюючих речовин і кількості мулової води. Додаткові кількості забруднюючих речовин від мулової води належить приймати: при сушці зброджених осадів – за завислими речовинами 1000–2000 мг/л, за БПК_{повн} – 1000–2000 мг/л (великі значення для площадок-ущільнювачів); мулова вода з ущільнювачів аеробно стабілізованого осаду повинна прямувати в аеротенки; її забруднення приймати: БПК_{повн} 200 мг/л, за завислими речовинами до 100 мг/л; вологість ущільненого осаду 96,5–98,5 %.

У світовій практиці мулові площадки використовують на станціях малої продуктивності; на очисних спорудах середньої і великої продуктивності перевага віддається механічному зневодненню осадів. У країнах СНД із-за економічної ситуації мулові площадки застосовують практично повсюдно. Під них відведені великі площі землі поблизу міст, а в деяких випадках – і в міській межі. В майбутньому, поза сумнівом, положення зміниться, але сьогодні все ще є актуальним питання про інтенсифікацію роботи мулових площадок, тобто збільшення навантаження на них.

Досягти поставленої мети можна двома способами: вдосконалювати конструкції самих мулових площадок або покращувати водовіддаючі властивості осадів.

Збільшення продуктивності площадок можливе за рахунок проведення таких заходів:

- ущільнення осаду, що подається на площадки;
- забезпечення механічного ворухіння і видалення висушеного осаду з площадки;
- кондиціонування осаду перед подачею його на площадку;
- продування осаду повітрям безпосередньо на площадці;
- влаштування над площадкою напівпрозорого покриття або загального покриття тепличного типу з відповідними системами вентиляції;
- використання вакуумних систем для прискорення фільтрації;
- застосування систем підігріву осаду безпосередньо на мулових площадках.

У ході різних досліджень встановлено, що хімічне кондиціонування осадів з використанням катіонних флокулянтів підвищує ефективність їх природного зневоднення і дозволяє збільшити продуктивність мулових карт в 1,5–2 рази.

Процес ворухіння істотно прискорює природну сушку осаду на мулових площадках. Швидкість вітру над поверхнею осаду, зарослого рослинністю, практично дорівнює нулю, дефіцит пружності водяної пари характеризується

пониженням від верхнього ярусу листя до нижнього ярусу фактично до нуля, отже, швидкість випаровування води з осаду, густо зарослого рослинністю, дорівнює нулю.

Утворення на поверхні осаду кірки з пересушеного осаду зменшує швидкість сушки в 4 рази.

При ворущінні видаляється рослинний покрив і руйнується поверхнева кірка, що сприяє прискореному підсиханню осаду в теплий сухий час і глибшому промороженню в зимовий.

Вибір оптимальної технології зневоднення осаду може істотно підвищити продуктивність мулових площадок. Режим напуску, перш за все висота і кратність наливання, залежать від виду осаду, його концентрації, особливостей підготовки і пори року. При подачі на площадку стабілізованого активного мула з вихідною вологістю до 98 %, висота наливання повинна складати 0,8–1 м. В цьому випадку значний об'єм дренажної води відводиться через систему вертикального дренажу.

Для зброджених осадів найбільш ефективним методом зневоднення на мулових площадках є технологія роздільного ущільнення, сушки і наморозування. Із збільшенням глибини ущільнюваного шару осаду швидкість ущільнення росте і знижується вірогідність розшарування осаду. Ущільнення осаду рекомендується проводити при висоті наливання не менше 2,5 м, а сушку і наморозування – шарами не більше 0,3 м.

Для природного зневоднення осадів можуть бути використані **мулові ставки** (лагуни), які виконують у вигляді каналів або шляхом обвалування греблями природних поглиблень або ярів.

Вартість пристрою мулових ставок менша, ніж мулових площадок, перш за все за рахунок використання природних виїмок і простоти конструкції.

Необхідною умовою у всіх випадках є залягання ґрунтових вод нижче за мулові ставки. Після заповнення лагуни засипають шаром місцевого ґрунту завтовшки до 40 см. Осади перегнивають протягом декількох років, після чого їх використовують як добриво.

Застосовуються багатоступінчаті мулові ставки, в яких проводять перепускання рідкого осаду і води в подальші карти, а в попередніх картах здійснюють підсушування і розвантаження.

Розроблена конструкція мулових ставок завглибшки 6 м з екрануванням днища і укосів полімерною плівкою. У таких ставках борозни (канави) пошарово заповнюють осадом, а вгорі насипають шар ґрунту завтовшки 0,7 м. Через рік або два на цьому місці висаджують дерева лісозахисного або лісопаркового призначення.

Лагуни рекомендують використовувати для обробки добре збродженого осаду, інакше може погіршати санітарно-гігієнічний стан навколишнього середовища і буде завданий значний збиток землекористуванню.

2 Механічне зневоднення осаду

Зневоднення осадів стічних вод на мулових площадках для очисних споруд середньої і великої продуктивності часто виявляється неможливим через відсутність вільних земельних площ. Тому на таких станціях застосовують механічне зневоднення осадів на вакуум-фільтрах, фільтр-пресах, центрифугах або інших апаратах.

Апарати, вживані для зневоднення осадів стічних вод можна класифікувати за видом механічної дії на їх структуру:

- зневоднення осадів під розрядженням;
- зневоднення осадів під тиском;
- зневоднення осадів у відцентровому полі.

При фільтруванні відбувається процес відділення твердих частинок від рідини при різниці тиску над фільтруючим середовищем і під ним. Фільтруючим середовищем на барабанних вакуум-фільтрах і фільтр-пресах є фільтрувальна тканина і шар осаду, що налипає на тканину в процесі фільтрування. Первинне фільтрування відбувається через тканину, пори якої затримують тверді частинки осаду і створюють додатковий фільтрувальний шар. Цей шар у міру фільтрування збільшується і є головним фільтруючим середовищем, а тканина служить лише для підтримки фільтруючого шару.

При фільтруванні рідина протікає через пористу масу і утворюється шар осаду (кека). При збільшенні шару кека зменшується швидкість протікання рідини (фільтрату).

У зоні фільтрування осад фільтрується під дією вакууму (у барабанних вакуум-фільтрах), а на фільтр-пресах – під тиском. Вологість зневодненого осаду (кека) складає 60–80 %.

Осади перед подачею на механічне зневоднення піддають коагуляції, завдяки чому частинки осаду об'єднуються з пластівцями реагентів в крупні агрегати і осад легше віддає воду. Реагенти вводять безпосередньо перед подачею осаду на механічне зневоднення (перед фільтр-пресами, центрифугами).

Зброджений осад, вивантажуваний з метантенка, перед подачею на механічне зневоднення, промивають технічною водою протягом 15–20 хв. з розрахунку 2–4 м³ води на 1 м³ осаду і продувають повітрям в об'ємі 0,5 м³ на 1 м³ суміші осаду і води. Потім ця суміш прямує до мулозгущувачів, де протягом 12–24 год. ущільнюють осад і відділяють воду. Мулова вода, яка містить до 1,5 г/л завислих речовин і БПК до 900 мг/л, прямує на очисні споруди, а ущільнений осад (кек) вологістю 94–96 % піддають коагуляції і потім направляють на зневоднення. Осад після такої обробки має нижчий питомий опір і значно легше віддає воду.

Зневоднення осаду на вакуум-фільтрах полягає у видаленні води з суцільного шару осаду, розміщеного на тканині, під дією вакууму, який створюється з боку тканини. На вакуум-фільтрах можна обробляти практично всі види осадів. Розрізняють звичайні барабанні вакуум-фільтри, барабанні з полотном, що сходить, дискові та стрічкові вакуум-фільтри.

Барабанний вакуум-фільтр - горизонтально розташований барабан, що обертається, частково (на 35–40 %) занурений в ємкість з осадом (рис. 6.1).

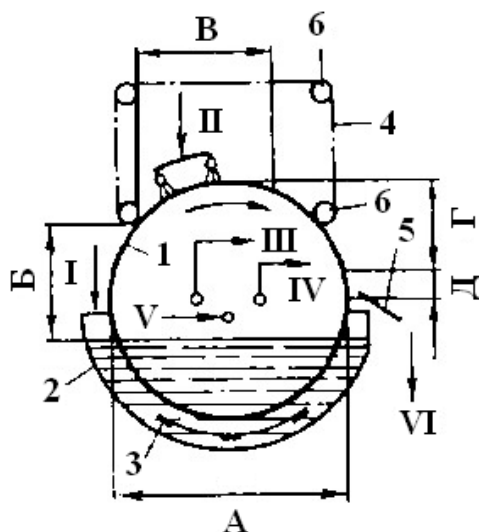


Рисунок 6.1 – Схема барабанного вакуум-фільтра:

- I – подача осаду; II – промивна рідина; III – фільтрат;
 IV – промивний фільтрат; V – стиснуте повітря; VI – зневоднений осад;
 VII – рідина для регенерації тканини;
 А – зона фільтрування; Б – зона просушування; В – зона промивання;
 Г – зона віджимання та просушування промитого осаду;
 Д – зона віддувки та регенерації тканини, знімання осаду;
 1 – барабан; 2 – ємкість з осадом; 3 – перемішувач; 4 – полотно, що набігає;
 5 – ніж; 6 – ролики; 7 – фільтрувальна тканина;

Барабан має дві стінки: внутрішню – суцільну і зовнішню – перфоровану, обтягнуту фільтруючою тканиною з синтетичних волокон (капрону, хлорину, нітрону, лавсану). Простір між стінками барабана розділений радіальними суцільними перегородками на 16–32 секції, що не сполучаються між собою. Кожна секція має свій відповідний колектор, який разом з колекторами інших секцій виводиться в рухому голівку. Вона притиснута до нерухомої голівки, до якої підведено два трубопроводи, – від вакууму і від компресора.

Після занурення в осад кожна секція барабана через свій колектор, рухому і нерухому голівки виявляється підключеною до вакуумної лінії. Осад фільтрується під дією вакууму (300–500 мм рт.ст.) через тканину, а фільтрат відводиться колектором. Після виходу секції з осаду починається підсушування кека, що налипнув на тканину, атмосферним повітрям. Повітря, яке проходить через шар кека, разом з водою відводиться вакуумною лінією. Перед зняттям кека ножем секція підключається до напірної лінії від компресора. Стиснуте повітря сприяє відділенню кека від фільтруючої тканини. Таким чином, робочий цикл вакуум-фільтра включає три послідовні операції: фільтрування; зневоднення (просушування); видалення кека.

Зрізаний ножем кек поступає на конвеєр, з якого в бункер або на автомобіль і вивозиться за межі цеху. Для поліпшення фільтраційної здатності

тканини через 8–24 год. роботи фільтр регенерують – промивають інгібірованою кислотою або розчином ПАВ.

Барабанний вакуум-фільтр, регенерація фільтрувальної тканини у якого проводиться безперервно, називається *барабанним вакуум-фільтром з полотном, що сходить* (рис. 6.2). Фільтри даної конструкції мають ряд переваг перед звичайними фільтрами. Вони дозволяють:

- а) підтримувати постійною проникність фільтрувальної тканини;
- б) здійснювати повніше розвантаження осаду;
- в) працювати з тоншими шарами осаду, що веде до скорочення витрат хімічних реагентів для коагуляції важкофільтрованих суспензій і збільшення частоти обертання барабана;
- г) запобігати розрідженню осаду фільтратом, видуваним з колектора;
- д) скорочувати простій фільтрів при заміні фільтрувальної тканини.

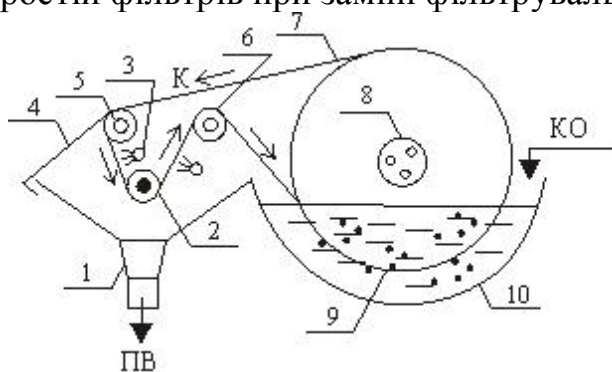


Рисунок 6.2 – Схема вакуум-фільтра з полотном, що сходить:

- 1 – жолоб відведення промивної води; 2 – натяжний ролик;
- 3 – труба з насадками для промивки тканини; 4 – ніж для знімання кеку;
- 5 – розвантажувально-віддувний ролик; 6 – поворотний ролик;
- 7 – фільтрувальна тканина; 8 – розподільна головка фільтру;
- 9 – барабан фільтру; 10 – корито з осадом;
- К – кек; КО – кондиціонований осад; ПВ – промивна вода

Їх застосування особливо ефективно, коли осади стічних вод за своєю структурою здатні швидко замулювати фільтрувальну тканину (сирі осади з первинних відстійників).

Вологість осаду (кека) після вакуум-фільтра складає 70–85 % залежно від характеристики оброблюваного осаду, а продуктивність – 8–40 кг сухої речовини осаду на 1 м² поверхні фільтру в годину.

Стрічкові вакуум-фільтри (рис. 6.3) служать для розділення відносно добре і середньо фільтрованих суспензій з полідисперсною швидко осідаючою твердою фазою і ретельною, як правило, протиточною промивкою осаду. Конструкція таких фільтрів нагадує стрічковий транспортер; еластична нескінченна дренажна стрічка натягнута на приводному і натяжному барабанах. Верхня частина стрічки, покрита тканиною (сіткою), що фільтрує, ковзає по розділеній на відсіки вакуумній камері. Стрічка рухається безперервно із швидкістю 0,6–10 м/хв. або дискретно. Суспензію і промивну рідину подають зверху, фільтрат через перегородку і дренажну систему стрічки поступає у

відсіки. Осад знімають ножом іноді з продуванням повітрям через привідний барабан. Відомі стрічкові вакуум-фільтри з полотном, що сходиться, валками для ущільнення і зневоднення осаду, пристроями для просушування його паром або гарячим повітрям і віджимання еластичною діафрагмою.

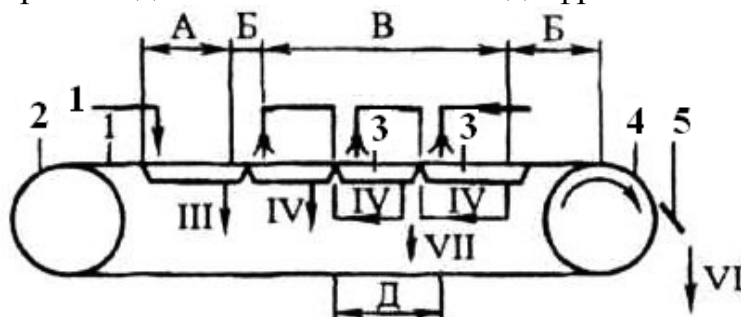


Рисунок 6.3 – Стрічковий вакуум-фільтр:

- І – подача осаду; ІІ – промивна рідина; ІІІ – фільтрат; ІV – промивний фільтрат;
 V – стиснуте повітря; VI – зневоднений осад;
 VII – рідина для регенерації тканини;
 А – зона фільтрування; Б – зона просушування; В – зона промивання;
 Г – зона віджимання та просушування промитого осаду;
 Д – зона віддувки та регенерації тканини, знімання осаду;
 1 – дренажна стрічка; 2 – привідний барабан; 3 – вакуумні камери;
 4 – натяжний барабан; 5 – ніж

Стрічкові вакуум-фільтри застосовують для зневоднення осадів виробничих стічних вод. Вони мають великі габарити та малий перепад тиску при фільтруванні.

Зневоднення осаду на фільтр-пресах полягає у видаленні води під дією надмірного тиску, який створюється з боку осаду. Фільтр-прес застосовують в тих випадках, коли осад після зневоднення направляють на сушку чи спалювання або коли необхідно отримати осад для подальшої утилізації з мінімальною вологістю.

Фільтр-преси розрізняють рамні, камерні, стрічкові, барабанні, гвинтові та шнекові. Порівняно з вакуум-фільтрами, за інших рівних умов, після зневоднення осаду на фільтр-пресах виходять осадки з меншою вологістю – 55–75 %.

Фільтр-преси стрічкові (рис. 6.4) призначені для безперервного механічного зневоднення осадів промислових, побутових стічних вод, попередньо оброблених флокулянтами. Стрічкові фільтр-преси мають зони: гравітаційного зневоднення суспензії, механічного віджиму, пресування осаду.

Оброблений розчином флокулянту для поліпшення водовіддаючих властивостей осад поступає в зону попереднього згущування на стрічці фільтр-преса. Там відбувається гравітаційне згущування. Потім осад затискається між двома перфорованими стрічками і проходить через 12 або 14 валів діаметру, що зменшується, це забезпечує поступове підвищення тиску на осад.

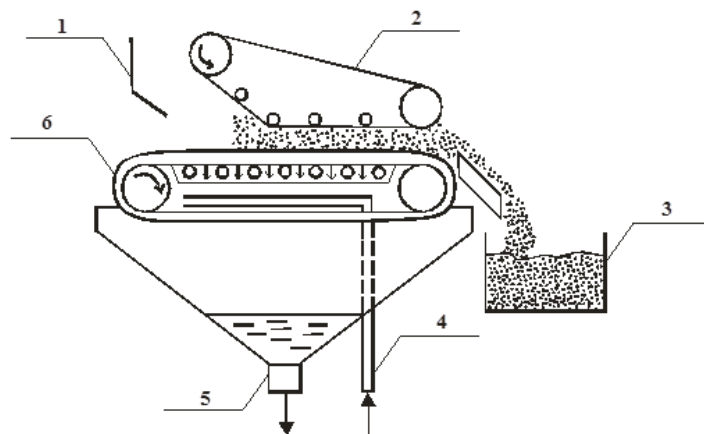


Рисунок 6.4 – Горизонтальний стрічковий прес:

1 – трубопровід для подачі осаду; 2 – притискна стрічка; 3 – ємкість для зневодненого осаду; 4 – трубопровід для подачі промивної води; 5 – труба для відведення фільтрату і промивної води; 6 – фільтруюча стрічка

Зневоднений осад за допомогою скребка знімається із стрічки і скидається в вивантажувальний пристрій. Фільтрат збирається в нижній частині преса в спеціальний лоток. Для промивки стрічок передбачено дві лінії промивки, які за допомогою форсунок безперервно очищають стрічки перед надходженням нової порції осаду.

Шнековий зневоднювач може бути використаний для зневоднення осаду, утворюваного в процесі очищення стічних вод господарчо-побутових, промислових, сільськогосподарських та інших об'єктів (рис. 6.5).

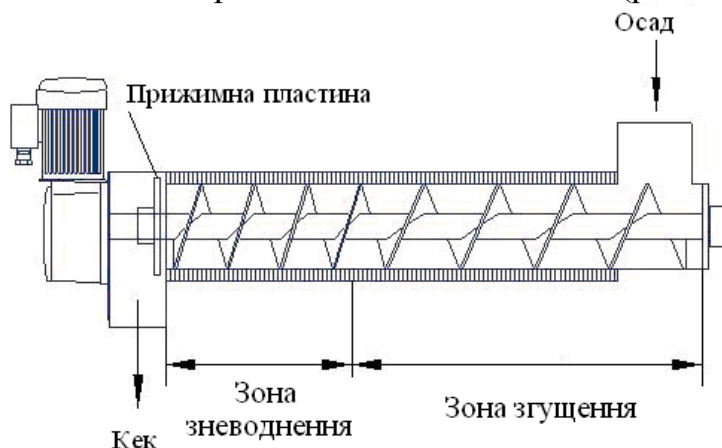


Рисунок 6.5 - Шнековий зневоднювач

Такий тип установок призначений для зневоднення осадів з концентрацією завислих частинок від 2000 мг/л до 35000 мг/л. Зневоднений осад має вологість 81 % і менше.

Осад після обробки флокулянтom подають в зневоднюючий барабан. В процесі зневоднення фільтрат витікає із зазорів між кільцями. По напрямку шнека ширина зазорів зменшується від 0,5 мм в зоні згущування до 0,3 мм в зоні зневоднення і в кінці до 0,15 мм. Крок витків шнека так само зменшується, створюючи тиск в зоні зневоднення, тоді як об'єм зменшується. На кінці шнека встановлена притискна пластина, яка регулює внутрішній тиск в барабані.

Дегідратор має конструкцію, яка запобігає засміченню фільтруючого барабана, таким чином, відпадає потреба у великих об'ємах промивної води. Зневоднюючий барабан складається з шнека, що обертається з постійною швидкістю між фіксованими кільцями, рухомими кільцями і зазорами. Шнек штовхає краї рухомих кілець, що приводить до постійного руху між зазорами і таким чином запобігає засміченню.

Шнековий зневоднювач має вбудовану зону згущення, що запобігає необхідності додаткового устаткування для згущення осаду (мулозгущувач) і дозволяє зневоднювати осад з низькою концентрацією завислих частинок (від 2000 мг/л).

Преси гвинтові віджимні (рис. 6.6) призначені для ущільнення, пресування і передачі в накопичувальну ємність або на транспортер забруднень, що знімаються з каналізаційних сміттєстримних пристроїв (грат, проціджувачів та ін.).

Прес дозволяє зменшити об'єм забруднень до скидання їх в приймальну ємність на 70–75 %.

Камерні фільтр-преси складаються з декількох фільтрувальних плит і фільтруючої тканини, протягнутої між ними за допомогою направляючих роликів. Підтримуючі плити зв'язані між собою вертикальними опорами, які сприймають навантаження від тиску всередині фільтрувальних плит.

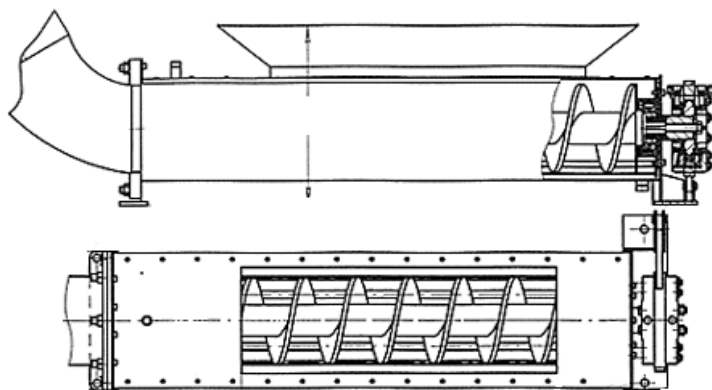


Рисунок 6.6 - Гвинтовий прес

Особливостями автоматичних фільтр-пресів баштового типу (рис. 6.7) є:

- повна автоматизація робочого процесу, що не вимагає втручання обслуговуючого персоналу;
- можливість регулювання в широкому діапазоні товщини і вологості осаду;
- оптимальні умови для регенерації тканини в процесі роботи фільтру;
- розвантаження і регенерація тканини суміщені в одній операції;
- низьке споживання електроенергії, мінімальні витрати на експлуатацію і техобслуговування;
- повне видалення осаду;
- мінімальний час допоміжних операцій.

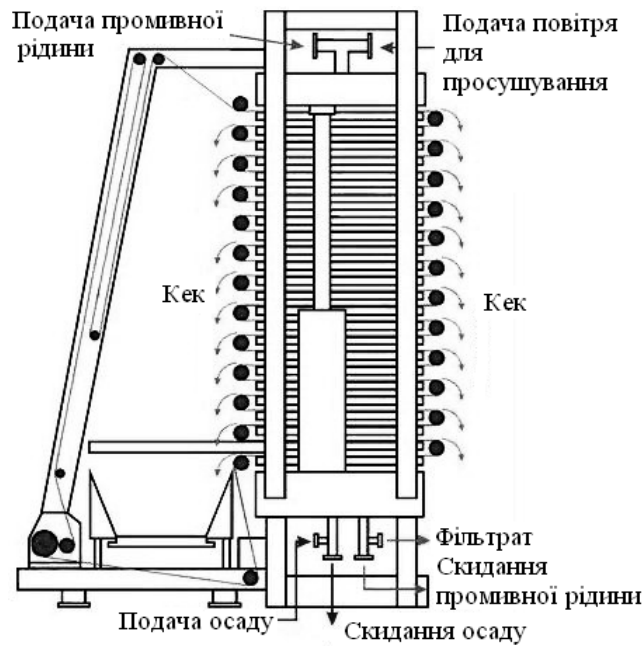


Рисунок 6.7 – Фільтр-прес автоматичний камерний баштового (вертикального) типу КМП

Працюють фільтр-преси під тиском не менше 6 атмосфер, тривалість фільтрації – від декількох хвилин до 4–6 год.; це апарати періодичної дії. Перед зневодненням осаду на фільтр-пресах також вводять реагенти або флокулянти. Періодично фільтрувальну тканину промивають. Зневоднений осад скидають на стрічковий конвеєр і потім в бункер-накопичувач або на автотранспорт і вивозять. Фільтрат відводять трубопроводом в каналізаційну мережу по майданчику очисних споруд.

Нині більш поширені *мембранно-камерні фільтр-преси*. Вони включають цілий комплекс допоміжного устаткування (рис. 6.8).

Мембранно-камерний фільтр-прес є серією вертикальних плит, що мають канали і покриті тканиною для підтримки кека. Плити змонтовані в корпусі, верхні опори якого з'єднані двома важкими горизонтальними і паралельними брусами або рейками. Конструктивно фільтр-преси підрозділяють на преси з верхньою підвіскою плит і з бічною підвіскою плит.

Кондиціонований осад подається на фільтр-прес насосами при зростаючому тиску. Тиск наповнення – 8 атм. Тиск дожиму складає до 15 атм. Час подачі осаду і утворення шару кека зазвичай складає 40–30 хв. Час дожиму – 15–20 хв. Час вивантаження 15 хв. Загальна тривалість фільтроцикла складає до 90 хв. При вологості вихідного осаду від 94 % до 97 % вологість кека – 68–70 %. При зневодненні на мембранно-камерних фільтр-пресах необхідне полімерне кондиціювання осаду.

Зневоднення осаду на центрифугах – це процес розділення неоднорідних систем (емульсій, суспензій) під дією відцентрових сил, що виникають в роторі, що обертається. Подаваний безперервно осад під дією відцентрових сил притискається до внутрішньої поверхні суцільного ротора.

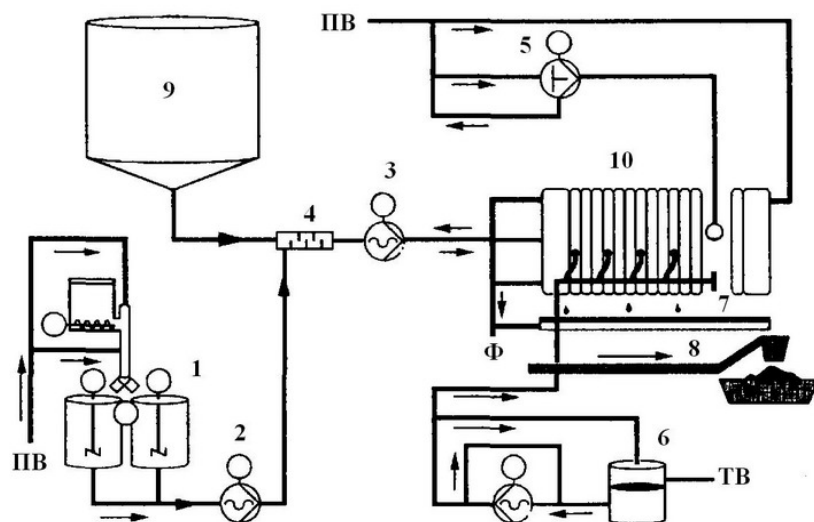


Рисунок 6.8 – Технологічна схема механічного зневоднення осадів на мембранно-камерному фільтр-пресі:

- 1 – система приготування флокулянту; 2 – система дозування флокулянту;
- 3 – система подачі осаду; 4 – система змішення осаду з флокулянтом;
- 5 – система промивання фільтрувального полотна; 6 – система дожиму мембран;
- 7 – система відведення крапельних витоків та води від промивання тканини; 8 – система відведення зневодненого осаду;
- 9 – резервуар вихідного осаду; 10 – мембранно-камерний фільтр-прес;
- ПВ – вода питної якості; ТВ – технічна вода; Ф – фільтрат

Тверді частинки, які мають велику щільність, осідають в об'ємі суспензії і концентруються на стінках ротора, витісняючи воду в простір, розташований ближче до центру обертання (рис. 6.9). Це дає можливість розділити осад на фракції: тверду – кек і рідку – фугат.

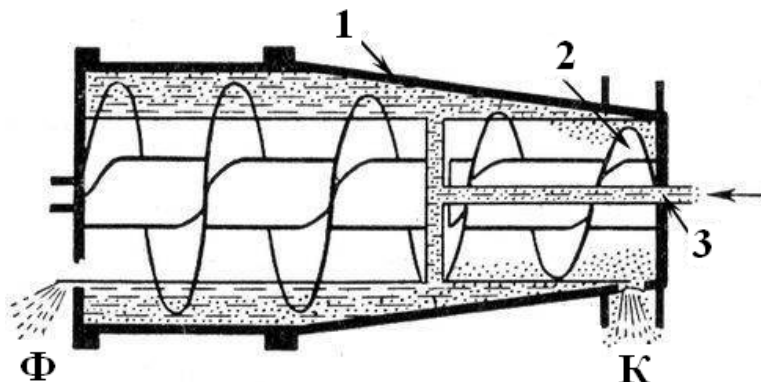


Рисунок 6.9 – Схема процесу зневоднення осаду центрифугуванням:
1 – корпус центрифуги; 2 – лопасті шнека; 3 – впуск осаду

Центрифугування осадів знаходить все більше розповсюдження, оскільки цей метод є досить простим в експлуатації, економічним, легко керованим, але вологість кека вища порівняно з кеком, отриманим після фільтр-пресування.

Зневодненню методом центрифугування підлягають всі види осаду (з первинних відстійників, надлищковий активний мул, суміші осадів).

Основними недоліками методу є поки що висока вартість флокулянтів, а при центрифугуванні без флокулянтів – низька ефективність затримання сухої речовини осаду, тобто утворюється фугат з високими значеннями БПК, ХПК і вмістом завислих речовин, і його необхідно направляти на подальшу обробку на споруди біологічного очищення, збільшуючи тим самим навантаження на них. Тому основним стримуючим чинником застосування центрифуг є використання флокулянтів, оскільки наша промисловість випускає обмежене число флокулянтів, а імпорتنі дуже дорогі.

Для зневоднення осадів стічних вод застосовують серійні, безперервно діючі осаджувальні шнекові центрифуги. Основними елементами центрифуги є конічний ротор з суцільними стінками і порожнистий шнек. Ротор і шнек обертаються в один бік, але з різними швидкостями. Під дією відцентрової сили частинки осаду відкидаються до стінок ротора і внаслідок різниці частоти обертання ротора і шнека переміщуються до отвору в роторі, через які зневоднений осад вивантажується в бункер кека, а фугат (рідка фаза) відводиться через отвори, розташовані з протилежного боку ротора.

Принцип роботи горизонтальної шнекової центрифуги типу ОГШ, що є машиною безперервної дії, такий: осади, що підлягають зневодненню, поступають по трубі живлення всередину ротора, що обертається. Під впливом відцентрової сили важчі, ніж вода, частинки твердої фази (кек) осідають на внутрішній поверхні ротора. Освітлена вода (фугат) стікає через отвори в днищі ротора. Обертання шнека щодо ротора проводиться планетарним редуктором. Зміна відносної частоти обертання шнека здійснюється шляхом обертання сонячної шестерні редуктора за допомогою клиноременної передачі. Передбачені подача розчину флокулянта всередину ротора і промивка конічної частини ротора водними розчинами.

Ефективність затримання твердої фази осаду і вологість кека залежать від характеристики зневоднюваного осаду. Найбільша кількість завислих речовин міститься у фугаті при центрифугуванні активного мула.

Підбір центрифуг ведеться за їх пропускною спроможністю та за кількістю вихідного осаду, а ефективність затримання сухих речовин і вологість кека залежить від характеристики оброблюваного осаду.

Центрифугування має бути пов'язане з іншими процесами, що входять в технологію обробки осадів стічних вод. За цією технологією осад первинних відстійників, активний мул або їх суміш подають в резервуар, звідки далі на центрифугу. Для подрібнення крупних домішок, що містяться в осаді первинних відстійників, його суміші з надлишковим активним мулом і зброджених осадах, перед центрифугами встановлюють дробарки. Зневоднений осад безперервно вивантажують з центрифуги на стрічковий транспортер і потім піддають обробці термічними або іншими методами знезараження, після чого транспортером подають на складування.

Безреагентний метод центрифугування осадів стічних вод здійснюють з обов'язковою подальшою обробкою фугату.

При введенні в осад флокулянта продуктивність центрифуг зменшується в 2 рази, проте ефективність затримання сухої речовини збільшується до 90–95 %.

Зіставлення методів і апаратів для механічного зневоднення осадів показує, що кожен з них має ряд переваг і недоліків (табл. 6.1). Перевагою *вакуум-фільтрів* є можливість обробки осадів без виділення піску і розповсюдження запаху. Слід враховувати, що для нормальної роботи вакуум-фільтрів необхідне допоміжне устаткування: вакуум-насоси, повітродувки, ресівери, відцентрові насоси та пристрої, що забезпечують постійне живлення вакуум-фільтра. Недоліками вакуум-фільтрів є складність управління, низька надійність, неможливість використання органічних флокулянтів для кондиціювання осаду, громіздкість, підвищена витрата електроенергії та забрудненість навколишнього середовища. За цих обставин вакуум-фільтри практично не використовують на міських каналізаційних очисних станціях.

Фільтр-преси застосовують для обробки стиснутих аморфних осадів в тих випадках, коли осад направляють після зневоднення на сушку або спалювання, або коли необхідно отримати осад з мінімальною вологістю. Це устаткування раціонально використовувати для зневоднення осадів промислових стічних вод з високим вмістом мінеральних складових.

Перевагами методу *центрифугування* осадів є простота, економічність і керованість процесом. Після обробки на центрифугах отримують осад низької вологості.

Таблиця 6.1 – Порівняльні характеристики установок для механічного зневоднення осадів

Установки	Основні переваги	Основні недоліки
Шнекові фільтр-преси	<ul style="list-style-type: none"> – невелика витрата промивної води (немає необхідності в постійній промивці); – мінімальний шумовий фон і вібрація (немає необхідності в могутніх фундаментах); – відсутність запаху і випаровувань в цеху 	<ul style="list-style-type: none"> – складність обслуговування (постійне чищення шнека і перфорованого циліндра); – відсутність візуального контролю за процесом (тільки інспекційні отвори); – підвищена сприйнятливості до зміни властивостей і концентрації вихідного осаду – висока зношуваність корзини, необхідність заміни підшипників; – ремонт можливий тільки в заводських умовах; – низька якість фільтрату
Центрифуги	<ul style="list-style-type: none"> – компактність установок; – можливість роботи за безреагентними схемами та із застосуванням флокулянтів; 	<ul style="list-style-type: none"> – необхідність видалення з осадів крупних включень і піску; – необхідність періодичного

Продовження таблиці 6.1

Установки	Основні переваги	Основні недоліки
	<ul style="list-style-type: none"> – висока продуктивність; – відсутність запаху; – мінімальна витрата промивної води 	<ul style="list-style-type: none"> наплавлення або заміни шнеків; – високе енергоспоживання
Стрічкові фільтр-преси	<ul style="list-style-type: none"> – відсутність деталей і вузлів, що швидко зношуються; – низька витрата електроенергії; – висока продуктивність одиниці устаткування; – низька концентрація завислих речовин у фільтраті (фільтрат не надаватиме негативної дії на процеси очищення стічних вод при поверненні його «в голову» споруд); – можливість візуального контролю за процесом механічного зневоднення; – широкий діапазон допустимих вхідних концентрацій 	<ul style="list-style-type: none"> – підвищені габарити і маса порівняно з центрифугами; – можливість появи запаху; – велика витрата води на безперервну промивку фільтрувальних стрічок
Камерні фільтр-преси	<ul style="list-style-type: none"> – високий ступінь зневоднення; – чистий фільтрат 	<ul style="list-style-type: none"> – великі габарити і маса; – складні конструкції фундаментів і вузлів вивантаження осаду; – низька питома продуктивність (з одиниці поверхні); – підвищена витрата реагентів; – періодичність дії

Контрольні питання

1. До яких значень знижують вологість осадів стічних вод при їх зневодненні?
2. Охарактеризуйте природне зневоднення осаду на мулових площадках.
3. Який механізм дії мулових площадок?
4. Від яких факторів залежить площа мулових площадок?
5. Як передбачають відведення мулової води з мулових площадок?
6. Назвіть апарати, вживані для механічного зневоднення осадів стічних вод.
7. Опишіть механізм зневоднення осаду на вакуум-фільтрах.

8. Як працює барабанний вакуум-фільтр?
9. Назвіть переваги барабанних вакуум-фільтрів з полотном, що сходить.
10. Опишіть механізм зневоднення осаду на фільтр-пресах.
11. Опишіть схему вузла вакуум-фільтрування осаду з реагентною підготовкою.
12. Опишіть технологічну схему фільтр-пресування осадів.
13. Опишіть механізм зневоднення осаду на центрифугах.
14. Які види осаду підлягають зневодненню методом центрифугування?
15. Опишіть схему роздільного центрифугування сирого осаду і активного мула.
16. Опишіть комбіновану схему центрифугування осадів стічних вод.
17. Порівняйте методи та апарати для механічного зневоднення осадів.

ЗМ 2 ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ. ОСАДИ ВОДОПРОВІДНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД

Тема 7 Знезараження осадів

- 1. Термічне та біотермічне знезараження осадів.**
- 2. Хімічне знезараження осадів.**

Осади міських стічних вод містять значну кількість мікроорганізмів (у тому числі і патогенних), вірусів, яєць гельмінтів, сальмонелл, і тому є небезпечними в санітарному та інфекційному відношенні. У зв'язку з цим осади повинні піддаватися *знезараженню*. Ступінь знезараження осадів контролюють за вмістом в них яєць гельмінтів, патогенних і умовно-патогенних бактерій, сальмонелл, ентеробактерій і кишкової палички. При необхідності визначають вміст в осадах збудників різних захворювань.

При використанні осадів як добрива в них не повинно бути сальмонелл і життєздатних яєць гельмінтів, число кишкових паличок не повинно перевищувати 10⁴, а ентерококів – 10³ кл/л.

Осади можуть знезаражувати в рідкому вигляді, після підсушування на мулових площадках і після механічного зневоднення.

Для знезараження і знешкодження осадів можуть використовувати *термічні* (прогрівання, сушка, спалювання), *біотермічні* (компостування), *хімічні* (обробка хімічними речовинами) і *біологічні* (знищення мікроорганізмів простішими, грибами й рослинами ґрунту) методи, а також різноманітні види *фізичної дії*: радіація, струм високої частоти, ультразвук, ультрафіолетове опромінювання. У наш час на практиці використовують в основному термічні, біохімічні й хімічні методи знезараження осадів.

1 Термічне та біотермічне знезараження осадів

Знезараження рідких осадів нагріванням до температури 100°C при експозиції в декілька хвилин забезпечує загибель яєць гельмінтів і відмирання патогенних мікроорганізмів. При температурах 52–56°C впродовж 5 хв. гине багато патогенних бактерій, при температурі – 62–74°C і тривалості експозиції близько 30 хв. відмирають віруси. Знезараження й гельмінтизацію сирих, мезофільно зброджених і аеробно стабілізованих осадів слід здійснювати шляхом їх прогрівання до 60°C не менше 20 хв. Проте, як показали результати досліджень, для повного знешкодження патогенних бактерій і яєць гельмінтів при температурі 60°C тривалість експозиції повинна складати не менше 4 годин. Знешкодження осаду при тривалості експозиції 20 хв. забезпечується при температурах більше 75°C.

Найчастіше термічну стабілізацію осадів здійснюють в трубчастих теплообмінниках, використовуючи як теплоносії гарячі газы або пару, або в пристроях типу апаратів поглибленого горіння. Проте слід враховувати, що стабілізація втрачає сенс, якщо потім осад довго не утилізувався, оскільки в ньому можуть повторно розвиватися мікроорганізми, небезпечні в санітарному відношенні.

Дегельмінтизацію осадів, тобто знищення яєць гельмінтів, здійснюють як в рідких, так і в механічно зневоднених осадах. Найпростіше дегельмінтизують рідкі осади: у них вводять гостру пару і перемішують всю масу осаду для прогрівання до температури 60-65°C.

Біотермічна обробка (компостування) осадів стічних вод. Ефективність біотермічного процесу залежить від фізико-хімічного складу осадів, умов життєдіяльності мікроорганізмів, типу наповнювачів, умов аерації, гомогенізації та тепломасообміну. Розроблені технологічні схеми біотермічної обробки механічно зневоднених або підсушених на мулових площадках осадів стічних вод в штабелях з наповнювачами, в штабелях спільно з твердими побутовими відходами, в біобарабанах на сміттєперероблюваних заводах, в траншеях із перемішуванням, гомогенізацією і насиченням повітрям. В процесі біотермічного розкладання органічних сполук осадів під дією мікроорганізмів спостерігається перехід від мезофільного до термофільного режиму, у зв'язку з чим зростають швидкості біотермічних реакцій.

Процес компостування складається з двох фаз. Перша фаза продовжується протягом 1–3 тижнів і супроводжується інтенсивним розвитком мікроорганізмів, а температура осаду підвищується до 50–80°C. При цьому відбувається знезараження осаду і скорочення його маси.

Друга фаза – дозрівання компосту – триваліша. Вона триває від двох тижнів до 3–6 міс. і супроводжується розвитком простих і членистоногих організмів, пониженням температури до 40°C і нижче. Підвищення температури навколишнього повітря інтенсифікує процес розкладання органічних речовин.

Для процесу компостування важливим чинником є надходження в компостовану масу осаду кисню повітря. Потреба кисню для здійснення

процесу в середньому складає 1–1,5 кг O_2 на 1 кг органічної речовини. Така кількість повітря необхідна для початку процесу в перші 3–6 діб і досягнення температури, достатньої для знезараження. У подальші періоди потреба в повітрі визначається і необхідністю видалення з осаду вологи.

Для рівномірного прогрівання і забезпечення мікроорганізмів повітрям в період компостування потрібне 2–3-разове перемішування компостованої маси. Залежно від складу осаду, тривалості та умов компостування кількість органічних речовин скорочується на 25–40 %.

При здійсненні біотермічного процесу в аеробних умовах компостування осаду здійснюють з наповнювачами: твердими побутовими відходами, тирсою, листям, корою, сухим осадом стічних вод. Штабелі компосту мають висоту 1,5–3 м при природній і до 5 м при примусовій аерації. Для формування штабелів використовують механізми – крани, бульдозери, екскаватори. Для аерації в основу укладають перфоровані труби діаметром 100–200 мм з отворами діаметром 5–10 мм. Для збору поверхневого стоку по контуру траншеї влаштовують лотки.

Компостовану масу необхідно вкривати яким-небудь матеріалом для теплоізоляції та запобігання розмноженню мух. Тривалість процесу компостування в штабелях складає 3–4 місяці. Компост отримує вигляд сипкого матеріалу. Він містить необхідні елементи для зростання й розвитку рослин, речовини, що підвищують родючість ґрунтів, корисну мікрофлору.

При біотермічній обробці суміші осаду стічних вод і твердих побутових відходів останні перед компостуванням піддають сортуванню і подрібненню, з них видаляють чорні й кольорові метали. Якщо компостування суміші твердих побутових відходів і осаду здійснюють на сміттєперероблювальних заводах, то в цьому випадку можуть використовувати спеціальні апарати – ферментори, біобарабани, а також штабелі з механізацією всіх робіт, пов'язаних з експлуатацією штабелів. Основні технологічні операції процесу компостування приведені на рисунку 7.1.

В результаті проведення процесу біотермічної обробки отримують компост у вигляді сипкого матеріалу вологістю 40–50 %. Готовий компост не має запаху, не загниває і є хорошим добривом.

2 Хімічне знезараження осадів

Хімічне знезараження осадів здійснюють у разі подальшого використання їх в сільському господарстві як органічне добриво. Для хімічного знезараження осадів використовують аміак, тіазон, формальдегід і сечовину. Залишковий вміст в осадах названих речовин запобігає реактивації патогенних мікроорганізмів і підтримує стабільність осадів.

За кордоном великого поширення набула обробка осадів гашеним і негашеним вапном, внаслідок чого досягається їх стабілізація і знезараження, поліпшується водовіддаюча здатність. Введення гашеного вапна в осад створює лужне середовище, що приводить до припинення процесів гниття і до загибелі яєць гельмінтів. Тривалість витримки осаду після обробки гашеним вапном має

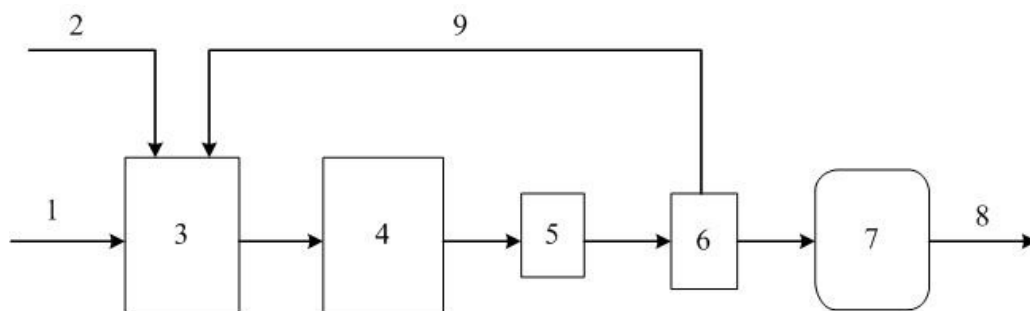


Рисунок 7.1 – Технологічна схема процесу аеробного компостування осаду:

- 1 – подача осаду; 2 – внесення добавок; 3 – перемішування;
 4 – компостування (з продуванням повітрям); 5 – стабілізація (без продування повітря); 6 – просіювання; 7 – консервація (зберігання);
 8 – готовий компост; 9 – добавка компосту

бути понад 2 доби при початковому значенні рН близько 12,5. Ефективнішим є використання негашеного вапна, при змішенні якого з осадом температура його зростає до 55-70°C за рахунок екзотермічних реакцій.

Загальна характеристика процесів знезараження осадів стічних вод приведена в таблиці 7.1. На крупних станціях аерації доцільне застосування термічної сушки механічно зневоднених осадів, що дозволяє скоротити транспортні витрати і отримати добриво з осадів у вигляді сипких матеріалів.

Для скорочення паливно-енергетичних витрат на станціях аерації пропускною спроможністю до 20 тис. м³/доб доцільно застосування камер дегельмінтизації, до 50 тис. м³/доб – методів хімічного знезараження. У випадках, коли осад не підлягає утилізації як добриво, може застосовуватися спалювання з використанням отриманого тепла. Істотного зниження паливно-енергетичних і транспортних витрат досягають при використанні методів, що мають комплексність у вирішенні завдань обробки осадів, наприклад, термофільне зброджування (стабілізація та знезараження), термосушка (зневоднення та знезараження), біотермічна обробка (стабілізація, зневоднення та знезараження) та ін.

Приведені в таблиці 7.1 дані дозволяють виконати попередній аналіз методів обробки осадів. Проте остаточний вибір технології повинен ґрунтуватися на техніко-економічних розрахунках порівняних варіантів.

Контрольні питання

1. Чому треба проводити знезараження осадів стічних вод?
2. Назвіть методи знезараження осадів?
3. Які осаді піддають знезараженню?
4. Опишіть знезараження рідких осадів нагріванням.
5. Як здійснюють хімічне знезараження осадів?
6. Як здійснюють дегельмінтизацію осадів?
7. Опишіть схему установки для дегельмінтизації осадів?
8. Охарактеризуйте біотермічну обробку (компостування) осадів стічних вод.

Таблиця 7.1 - Показники методів знезараження осадів стічних вод

Процес	Витрата теплоти, МДж на 1 м ³ зневодненого осаду	Вологість після обробки, %	Основні переваги методу	Основні недоліки методу	Переважна сфера застосування
Обробка в камерах дегельмінтизації	600-700	60-70	Простота експлуатації, невисока витрата пального	Відносно висока вологість і вартість транспортування осаду	Споруди з очищення стічних вод пропускною спроможністю до 20 тис. м ³ /доб
Термічна сушка в сушарках із зустрічними струменями	1900-2800	35-40	Скорочуються транспортні витрати, спрощується утилізація як добрива, так і палива	Висока витрата пального, потреба в кваліфікованому персоналі, необхідність очищення газів, що відходять	Те ж, пропускною здатністю більше 100 тис. м ³ /доб
Біотермічна обробка (компостування)	-	45-50	Скорочуються паливно-енергетичні і транспортні витрати, готується якісне добриво	Необхідність устрою площадок з водонепроникним покриттям і застосування наповнювачів (побутових відходів, готового компосту, торфу, тирси і т.п.)	Те ж, пропускною здатністю до 200 тис. м ³ /доб
Спалювання з використанням отримуваної теплоти	Від -300 до +1800	-	Значно скорочуються транспортні витрати, можливе отримання додаткової теплоти	Необхідність ефективного очищення газів, що відходять, потреба в кваліфікованому персоналі	Споруди з очищення стічних вод за відсутності споживачів добрив з осадів або високій їх токсичності

Тема 8 Термічна сушка осадів стічних вод

1. Технологія застосування методів сушки осадів.

2. Основні типи вживаних сушарок

1 Технологія застосування методів сушки осадів

Термічна сушка призначена для знезараження і зменшення маси осадів стічних вод, попередньо зневоднених на вакуум-фільтрах, центрифугах або фільтр-пресах. Цей прийом спрощує завдання видалення осадів з територій очисних станцій і їх подальшої утилізації. Осад після термічної сушки не загниває, вільний від гельмінтів і патогенних мікроорганізмів, є зовні сухим (вологістю 10–50 %) сипким матеріалом.

Підвищений вміст сухих речовин та істотне скорочення об'єму осаду при термічній сушці супроводжується високим ступенем стабілізації отримуваної маси за рахунок блокування діяльності мікроорганізмів, що викликають процеси загнивання. Завдяки оптимальному підбору часу перебування осадів в апараті та підтримуваної в ньому температури вдається забезпечити повне розкладання патогенних мікроорганізмів, що дає можливість безперешкодного використання висушеного осаду в сільському господарстві. Висушений осад може бути отриманий у зручній для користувача формі: у вигляді порошку, гранул різних розмірів і форм, окатишей і навіть цегли. При цьому можливість зміни форми висушеного осаду забезпечує різні напрями його утилізації.

При проектуванні установок термічної сушки осадів слід особливу увагу звертати на ризики, пов'язані з високою в'язкістю оброблюваного осаду на проміжних стадіях процесу сушки і появою дрібних органічних частинок в теплому повітряному середовищі.

Вживані апарати розрізняють головним чином за способом передачі тепла – пряме або непряме нагрівання. Застосовують різні способи термічної сушки: *конвективний, радіаційно-конвективний, кондуктивний, сублімація в електромагнітному полі.*

Найбільш поширений **конвективний спосіб сушки**, при якому необхідна для випаровування вологи теплова енергія безпосередньо передається висушуваному матеріалу теплоносієм - сушильним агентом. Як сушильний агент можуть використовувати топкові гази, перегріта пара або гаряче повітря.

Застосування топкових газів переважне, оскільки процес сушки осадів проводять при високих температурах (500-800°C) і це дозволяє зменшити габарити сушильних установок і витрату енергії на транспортування газів, що відходять.

2 Основні типи вживаних сушарок

Сушарки конвективного типу можна розділити на дві групи:

I – барабанні, стрічкові, щілинні та інші, в яких при продуванні сушильного агента через шар матеріалу частинки його залишаються нерухомими;

II – сушарки із завислим (псевдозрідженим) шаром (киплячим, фонтануючим, вихровим) і пневмосушарки, в яких частинки матеріалу переміщуються і перемішуються потоком сушильного агента.

Будь-яка сушильна установка складається з сушильного апарату і допоміжного устаткування – топки з системою подачі пального, живильника, циклону, скрубера, тягодувних пристроїв, конвеєрів і бункерів, контрольно-вимірювальних приладів і автоматики.

Барабанні сушарки працюють за схемою з прямоточним рухом осаду і сушильного агента (топкові гази). Сушильний агрегат складається з топки, сушильної камери і вентиляційного пристрою. З боку входу знаходиться завантажувальна камера, а з боку виходу – розвантажувальна камера. Топка розташована з боку входу в сушильну камеру. Для відсмоктування відпрацьованих газів встановлюють вентилятор. Барабан встановлений на катках похило до горизонту з кутом 3–4°, має привід, від якого здійснюється обертання. Температура топкових газів на вході в сушарку 600–800°C, на виході з неї — 170–250 °C.

Осад перед його завантаженням в барабан вимагає деякої обробки. Вологість осаду, що поступає в барабан, має бути не більше 50 %, інакше він прилипатиме до внутрішньої поверхні барабана. Для зниження вологості осаду, що поступає в барабан, до нього необхідно додавати раніше висушений осад.

Осад переміщується в барабані завдяки руху топкових газів і обертанню барабана. Частота обертання барабана 1,5–8 об/хв. Для рівномірного розподілу осаду перетином барабана всередині встановлюють насадки (гвинтова, лопатева або секторна). Для подрібнення і перемішування осаду на початку і в кінці сушарки додатково встановлюють корабельні ланцюги, що вільно підвішують до внутрішньої поверхні барабана.

Після сушки в барабанній сушарці осад не загниває, не містить гельмінтів і патогенних мікроорганізмів, має вологість 20–30 %.

Серійні барабанні сушарки випускають діаметром 1–3,5 м і завдовжки 4–27 м.

Барабанні сушарки мають велику одиничну продуктивність, але мале навантаження за вологою, що обумовлює їх великі габарити, масу і металоємність. Вони мають низький ККД, вимагають високих капітальних витрат і відносно складні в експлуатації.

Сушарки із зустрічними струменями газосуспензії набули поширення останніми роками. Суть методу сушки в зустрічних струменях полягає в тому, що частинки матеріалів, знаходячись в завислому стані в гарячому газовому потоці, тобто утворюючи разом з ним так звану газосуспензію, рухаються по співісних горизонтальних трубах назустріч один одному і в результаті ударної зустрічі струменів вступають в коливальний рух, проникаючи з одного струменя в іншу. Це приводить до збільшення дійсної концентрації матеріалів в зоні сушки. При достатньо високих швидкостях сушильного агента відбувається подрібнення матеріалу. При цьому також збільшується сумарна площа поверхні тепло- і масообміну.

Основними елементами сушильної установки є апарат із зустрічними струменями, який виконаний у вигляді двох горизонтальних розгінних труб, врізаних у вертикальну пневмотрубу, і легко-прохідний сепаратор.

Зневоднений осад подають стрічковим конвеєром і шнековими живильниками в сушильний елемент із зустрічними струменями, виконаний у вигляді двох труб, врізаних у вертикальний стояк. Сушка проводиться по ретурній схемі, тобто з добавкою висушеного осаду до осаду, що подається на сушку. Висушений гранульований осад вивантажують з апарату аерофонтану. Кек з ретуром змішують в шнековому живильнику, що забезпечує подачу однорідної за складом і вологістю суміші.

Другий ступінь сушки проходить в сепараторі легко-прохідного типу (аерофонтані). У ньому збільшується час контакту сушильного агенту з осадом і відбувається класифікація частинок.

Крупні частинки осаду через шлюзовий затвор поступають в бункер готового продукту, а дрібні частинки потоком сушильного агенту захоплюються у водяний скруббер.

Сушарки із зустрічними струменями мають продуктивність 0,7–3 т/год. по випаровуваній волозі. Ці сушарки порівняно з барабанними сушарками дозволяють скоротити капітальні витрати в 3–4 рази, а експлуатаційні – на 15 %.

У *пневматичних сушарках (труби-сушарки)* зневоднений осад заздалегідь змішують з термічно висушеним і подрібнюють в сушильному млині. Осад сушать у вертикальній трубі завдовжки до 20 м, по якій відбувається рух від низу до верху топкових газів і завислих в їх потоці частинок осаду. Висушений осад з вологістю 10–15 % відокремлюють від газів, що відходять, в циклоні і за допомогою роздаточного вузла або розфасовують, або подають в піч, де його спалюють. Туди ж відсмоктуючим вентилятором подають запилені гази, що відходять. Частину зневодненого осаду шнековим живильником подають в сушильний млин.

Останніми роками широке застосування отримали *сушарки з рухомим шаром*. У сушарці з фонтануючим шаром вологий осад за допомогою живильника подається в сушильну камеру. Теплоносій, що поступає в її нижню частину через газорозподільні решітки, підхоплює частинки вологого осаду, захоплює їх за собою і фонтаном відкидає до стінок камери. Частинки осаду сповзають бічними поверхнями конуса до ґрат, де знов підхоплюються потоком теплоносія. Таким чином відбувається циркуляція осаду в сушильній камері. Висушений осад вивантажується через розвантажувальний пристрій.

Вакуумні сушарки рекомендують застосовувати на станціях пропускною спроможністю до 50 тис. м³/доб. Можна проводити вакуум-сушку сирого осаду, активного мулу або їх суміші. Перед вакуум-сушкою треба знижувати вологість осаду, наприклад, центрифугуванням.

Зазвичай застосовують барабанні вакуум-сушилки гребкового типу. Після вакуум-сушки осади мають гранульований вигляд з вологістю 30–40 %.

Сушку осаду проводять за допомогою обігрівачих сорочок з водяною парою з температурою насичення 150°C.

Сушильні апарати періодично заповнюють осадом не більше ніж на половину робочого об'єму. Потім включають систему обігріву сушарок і вакуум, що створює розрідження в апараті. Вторинна пара, що утворюється внаслідок випаровування води осаду, поступає в барометричний конденсатор і звідти у вигляді конденсату прямує на очисні споруди.

На малих установках для конденсації вторинної пари можна застосовувати теплообмінники. Концентрація забруднень в конденсаті вторинної пари визначається віднесенням забруднюючих речовин з конденсатом і наявністю летючих органічних речовин.

Температура осаду в процесі сушки змінюється від 50–85°C (кипіння) до 30–40°C (в кінці сушки). При температурі біля 85°C відбувається дегельмінтизація осаду. Після закінчення сушки вакуум відключають, і сухий продукт вивантажують на конвеєр системою гребків реверсивного обертання.

Цикл вакуум-сушки осадів складає 5–10 год і залежить від вихідної і кінцевої вологості осадів.

Термічна сушка рідких осадів вимагає великої витрати теплоти на випаровування води. Вона може бути економічно доцільна для сушки відносно невеликих об'ємів осадів, наприклад, для сушки активного мула і використання його як кормової добавки до раціону сільськогосподарських тварин. Для такої сушки зазвичай застосовують розпилювальні сушарки і сушарки із завислим шаром при температурі теплоносія не більш 250°C.

Контрольні питання

1. Для чого проводять термічну обробку осадів стічних вод?
2. Які є способи термічної сушки осадів?
3. Які застосовують сушарки конвективного типу?
4. Опишіть принцип дії барабанної сушарки.
5. Яка попередня обробка осаду необхідна перед його завантаженням в барабанну сушарку?
6. В чому полягає суть методу сушки осадів в зустрічних струменях?
7. При яких умовах рекомендують застосовувати вакуумні сушарки?
8. Дайте оцінку методів термічної сушки осадів стічних вод.

Тема 9 Ліквідація осадів

- 1. Спалювання осадів.**
- 2. Скидання осадів в накопичувачі.**

1 Спалювання осадів

Ліквідацію осадів стічних вод застосовують в тих випадках, коли утилізація є неможливою або економічно недоцільною. Вибір методу ліквідації

осадів визначається їх складом, а також розміщенням і плануванням очисної станції або промислового підприємства.

Спалювання – один з найбільш поширених методів ліквідації осадів стічних вод, який є найбільш ефективним засобом, що забезпечує максимальне зменшення об'єму осаду і його знезараження. Спалювання осаду стічних вод дозволяє повністю ліквідувати органічну частину осаду; неорганічна частина, що залишилася після спалювання, має мінімальний об'єм, повністю стерилізується.

Існують наступні можливості термічної переробки (спалювання) осаду:

- моноспалювання в спеціальних установках для термічної утилізації осаду;
- спалювання як додаткове паливо на електростанціях;
- спалювання як додаткове паливо на сміттєспалювальних заводах;
- піроліз (газифікація) для здобуття горючого газу;
- використання як паливозамінника.

Застосовують мокрі та вогняні способи спалювання.

Розвитку методу мокрого спалювання або термічної обробки осаду під тиском перешкоджає відсутність готового устаткування і складність його експлуатації, проте, не дивлячись на це, вказаний метод надалі може знайти широке застосування.

Вогняний метод спалювання при температурі більше 100°C застосовують при спалюванні або сушці рідких, механічно зневоднених і підсушених осадів. Заздалегідь зневоднені осади органічного походження мають теплотворну здатність 16800–21000 кДж/кг, що дозволяє підтримувати процес горіння без використання додаткових джерел теплоти.

Спалювання осаду проводять в розпилювальних пічах, у пічах з псевдозрідженим (киплячим) шаром, в барабанних і багаточерених пічах, а також в топкових пристроях циклонного типу.

Багаточеренева піч є камерою з циліндровою сталеву оболонкою діаметром 3–7 м і заввишки 4–15 м, футерована вогнетривкими матеріалами, яка має від 5 до 12 горизонтальних вогнетривких черен. Вони мають отвори для завантаження і вивантаження рухомого зверху зневодненого осаду. Димові гази рухаються назустріч потоку осаду. По вісі печі розташований порожнистий вал, що обертається з частотою 0,5–3,5 хв⁻¹. До валу над кожним череном прикріплені по дві радіальні мішалки із зубами, за допомогою яких осад пересувається до периферійних або центральних отворів, а через них потрапляє на лежачі нижче черени. Центральний вал і відводи охолоджують повітрям, який подає повітродувка. Повітря нагрівається топковими газами і поступає в зону горіння печі.

На верхніх черенах випаровується основна частина вологи, на середніх при температурі 800–900°C осади згорають, а в нижній частині печі відбувається охолодження утворюваної золи.

Багаточереневі печі вимагають застосування дорогих жаростійких чавунів для виготовлення полого валу і скребкових мішалок, які піддаються дії високих температур і корозійного середовища. У цих печах необхідно часто замінювати

скребкові зуби із-за прогорання їх в місцях занурення в шар, що горить. До інших недоліків можна віднести наявність елементів, що обертаються, в зоні високих температур; низькі питомі теплові навантаження по масі топкового об'єму, що призводять до збільшення габаритів і маси установки; високі капітальні і експлуатаційні витрати.

Барабанна піч є похилим сталевим циліндром, футерованим вогнетривкими матеріалами. Барабан обертається з частотою 0,8–2 хв.⁻¹. Зазвичай поверхня футерування барабана гладка, спалюваний матеріал ковзає по ній, не перевертаючись, тому для досягнення ефективного вигорання органічних речовин потрібна значна довжина барабана, яка досягає у ряді випадків 15–25 м.

Схильність зневоднених осадів до грудкування (утворення клейких кульок) викликає значне недопалювання органічних речовин, тому на виході з печі встановлена камера допалювання, що одночасно є камерою осадження золи.

Футерування печі при обертанні знаходиться в умовах частоті зміни температури, що викликає утворення тріщин і швидко виводить її з ладу. Крім того, в цілях зниження маси барабана футерування роблять невеликої товщини, тому втрати теплоти в навколишнє середовище значні, і для їх поповнення потрібне додаткове пальне.

На рисунку 9.1 представлена схема установки з використанням теплоти, що отримується від спалювання твердих відходів, для термічної сушки і спалювання осадів стічних вод. Димові гази, що утворюються при спалюванні твердих відходів в печі з температурою 900–1000°C, поступають в камеру для спалювання осадів стічних вод, в яку назустріч потоку димових газів за допомогою насоса-дозатора, компресора і розпилювача подають осад в розпорошеному стані. У камері краплі осаду підігріваються, підхоплюються потоком димових газів, згорають і піднімаються у верхню зону камери. Температура димових газів у верхній зоні камери за рахунок випаровування вологи, що міститься в осадах стічних вод, знижується до 750–800°C. У цій же зоні відбувається дезодорація пари води. Димові гази, що містять мінеральні частинки осаду, золу і пари води, поступають в теплообмінник. Одночасно з бака в канал теплообмінника подається ущільнений осад з вологістю 93–95 %, який підсушується до 84–89 % і поступає в бак, обладнаний шнеком для роздрібнення і подачі осаду до насоса-дозатора. Димові гази, охолоджені в теплообміннику до температури 300–350°C, поступають у фільтр, звідки відсмоктуються вентилятором через трубу в навколишнє середовище. Тверді частинки, які осідають на фільтрі, поступають в збірник, звідки їх періодично видаляють.

Установки такого типу не викликають забруднення навколишнього середовища, прості в експлуатації. Вони дозволяють знешкоджувати органічні відходи (маслопродукти, розчинники, фарби, лаки та ін.) з вологістю до 60 % і об'ємним вмістом механічних домішок до 10 %.

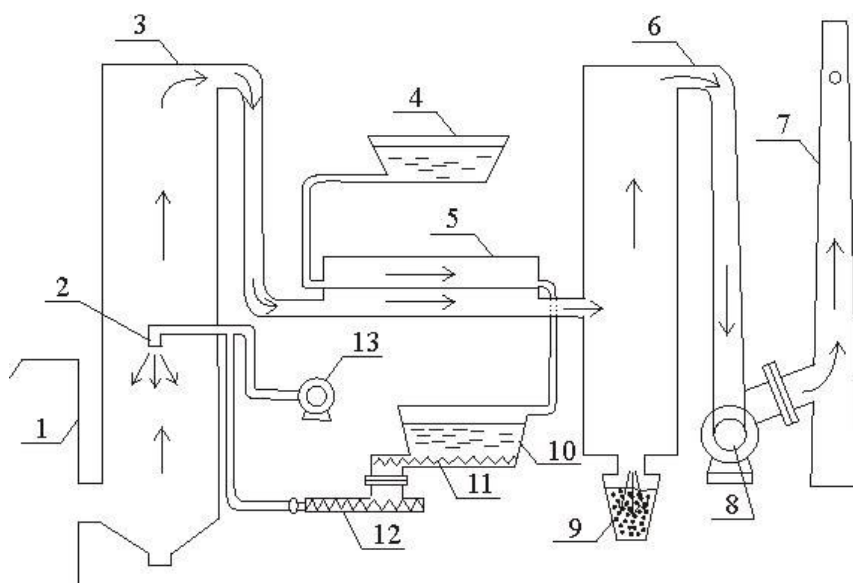


Рисунок 9.1 – Схема установки для спалювання осадів стічних вод і твердих відходів:

- 1 – піч для спалювання твердих відходів; 2 – розпилювач;
 3 – камера для спалювання осаду стічних вод; 4 – бак осаду 93–95 %-ної вологості; 5 – теплообмінник; 6 – фільтр; 7 – димар; 8 – вентилятор;
 9 – збірник для твердих частин; 10 – бак осаду 84–89 %-ної вологості;
 11 – шнек; 12 – насос-дозатор; 13 – компресор

Процес спалювання осадів в умовах *псевдозрідженого шару* значно ефективніший, ніж в стаціонарному шарі. Утворення псевдозрідженого шару досягають застосуванням дуття, інтенсивність якого перевищує межу стійкості щільного шару. Всі частинки в псевдозрідженому шарі інтенсивно перемішуються, рухаючись вгору і вниз.

Псевдозрідження шару матеріалу може бути здійснене в камерах (реакторах) різних конструкцій з горизонтальними перфорованими перегородками, які призначені для підтримки матеріалу до і після псевдозрідження, а також рівномірного розподілу зріджуючого агента по перетину матеріалу.

Як інертний матеріал застосовують пісок з розміром фракцій 1–5 мм або фторопласт. Висота киплячого шару 0,5–1,5 м. Оброблюваний осад, потрапляючи в інертний шар, змішується з ним, налипає на його частинки і утримується до висихання і часткового згорання.

Остаточне допалювання осаду і газів, що виділилися, проводиться у верхній частині реактора (рис. 9.2). Утворювана зола складається з пилоподібних частинок розміром 1–150 мкм і легко виноситься з реактора потоком газів, що відходять. Теплоту цих газів використовують для підігріву повітря, що подається в реактор, до температури біля 500°C, для чого після реактора встановлюють теплообмінник. Газы, що відходять, остаточно очищають від пилу в циклоні та мокрому скрубєрі. Зола видаляють (зазвичай гідравлічним способом) у золоотвал при очисній станції.

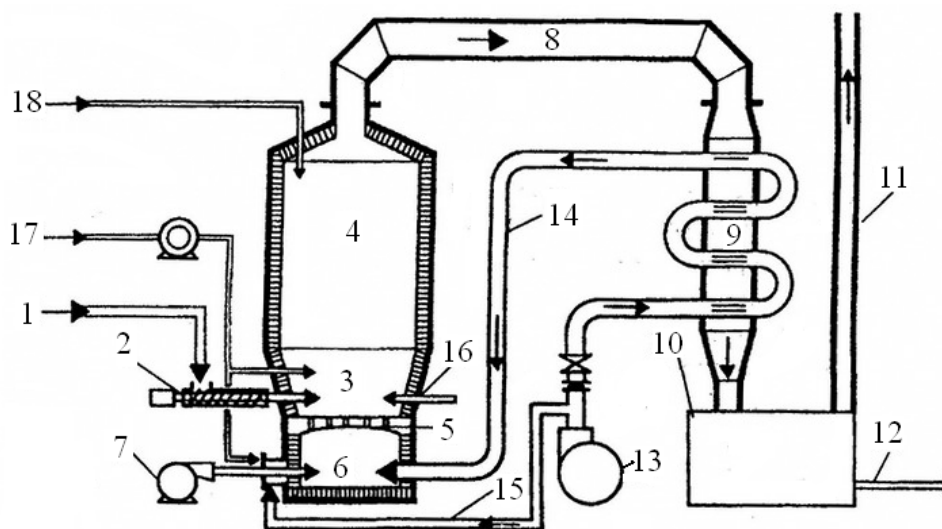


Рисунок 9.2 – Схема установки для спалювання осадів стічних вод у «псевдозрідженому шарі»:

- 1 – зневоднений осад; 2 – подача осаду в піч; 3 - киплячий шар піску;
 4 – топка; 5 – склепіння; 6 – камера дуття; 7 – пусковий пальник;
 8 – димар; 9 – теплообмінник; 10 – очищення димових газів; 11 – димар;
 12 – виведення золи; 13 - вентилятор псевдозрідження; 14 – повітря;
 15 – підігріте повітря; 16 – підживлююча паливна форсунка;
 17 – стиснуте повітря; 18 – вода під тиском

У реакторах з киплячим шаром не передбачені пристрої для видалення золи. Утворювана зола складається з пилоподібних частинок, виноситься з реактора потоком газів і уловлюється в мокрому скрубєрі. Приймається така швидкість газового потоку, яка забезпечує винесення тільки легкої фракції золи; важчі частинки залишаються в реакторі до тих пір, поки не будуть достатньо подрібнені.

Реактори з киплячим шаром забезпечують високу ефективність процесу, ці установки відрізняються компактністю і простотою експлуатації. Їх перевагою є також можливість повної автоматизації процесу.

На початку 1990-х років Водоканал Санкт-Петербурга, вивчивши ринок технологій спалювання осаду, вибрав технологію спалювання осадів у печах із «киплячим» шаром. За цією технологією процес горіння може відбуватися виключно за рахунок теплотворної здатності самого осаду і не вимагає додаткової подачі палива (природного газу). Головною перевагою таких печей є відсутність рухомих механічних деталей у зоні високих температур, що значно збільшує ресурс їх роботи. З іншого боку, висока термічна інертність шару піску згладжує постійні коливання теплотворної здатності осаду.

Перераховані переваги дозволили:

- забезпечити високу стабільність технологічного процесу;
- повністю його автоматизувати;
- виключити зміну складу димових газів.

Проект заводу спалювання осаду на Центральній станції аерації (ЦСА) був достатньо передовим для 1990-х років.

Використовуючи успішний досвід експлуатації заводу зі спалювання осаду стічних вод на Центральній станції аерації (ЦСА), Водоканал прийняв рішення про будівництво ще двох таких заводів на найбільших очисних спорудах міста – Північній станції аерації (ПСА) і Південно-західних очисних спорудах (ПЗОС). Вони дозволили реалізувати найбільш ефективні та раціональні проектні рішення, як зі спалювання осаду, так і з використання побічних енергоресурсів із врахуванням особливостей технологій очисних ПСА і ПЗОС.

При спалюванні осаду утворюється теплова енергія, яку використовують для вироблення пари в котлах-утилізаторах з подальшим виробництвом електроенергії та опалюванням виробничих площ очисних споруд.

З 2008 р. в Санкт-Петербурзі експлуатують три заводи зі спалювання осаду стічних вод, що дозволило припинити його складування на полігонах. На всіх трьох установках зневоднений осад стічних вод є основним паливом для пічей спалювання. В окремих випадках як допоміжне паливо використовують газ, аби компенсувати коливання теплотворної здатності осаду. Окрім осаду в пічах піддають спалюванню інші відходи, що утворюються на спорудах, але в значно менших кількостях: плаваючі речовини, відходи з решіток. Зневоднений осад та інші відходи подають в піч, де відбуваються одночасно процеси сушки, стирання та повного згорання (рис. 9.3). Псевдозріджений шар утворений термостійким, дрібнозернистим матеріалом у вигляді роздробленої морської гальки з високим вмістом оксиду кремнію.

Природний газ використовують як допоміжне паливо, проте на різних станціях його питомий вжиток різний. Це обумовлено відмінностями в технологіях очищення стічних вод, властивостях зневоднених осадів, розрахункових параметрах печей, діапазонах процесів спалювання осаду. Для прийому осаду з інших очисних споруд на всіх заводах змонтовані спеціальні бункери для тимчасового зберігання і рівномірного дозування осаду в пічах спалювання.

На всіх трьох заводах спалювання осаду на першій стадії очищення газових викидів застосовують електростатичне пиловловлювання. Ефективність очищення електростатичним фільтром складає більше 99,9 %.

Другу стадію очищення газів можна здійснювати сухим і мокрим способами. При сухому способі використовують переважно високоактивні, нерегенеровані адсорбенти, а також речовини, які нейтралізують кислотоутворюючі гази. У таких системах від процесів газоочистки не утворюються стічні води, які зазвичай повертають в голову очисних споруд. При мокрому способі очищення топкові гази пропускають через спеціальні апарати - абсорбери, де інтенсифікують процеси видалення забруднюючих газоподібних речовин спеціальними поглинаючими розчинами. При цьому забруднюючі речовини переходять з газової фази в розчин, і таким чином відбувається утворення стічних вод газоочистки, які подають на установку локального очищення і далі в голову очисних споруд.

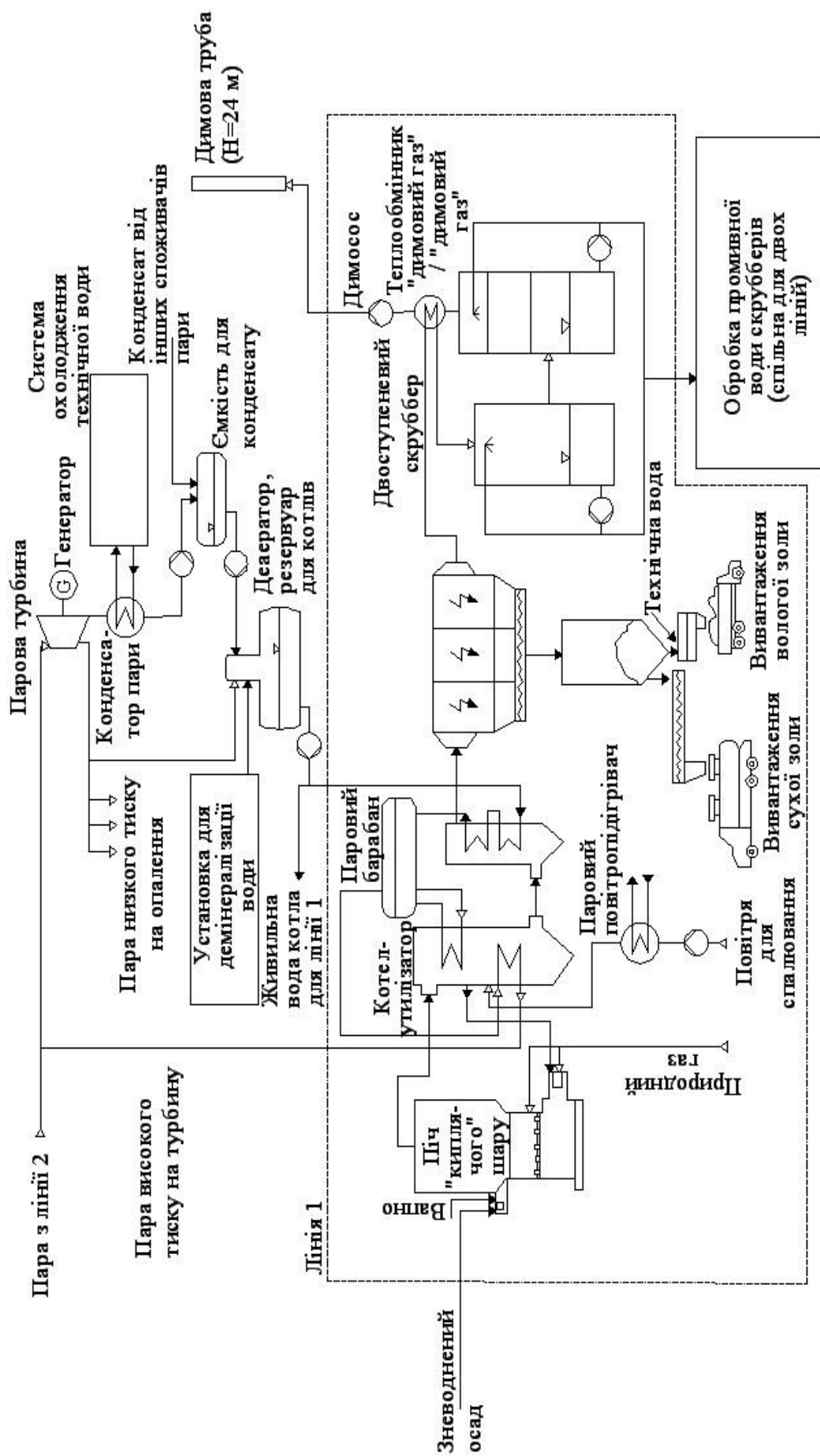


Рисунок 9.3 – Технологічна схема заводу зі спалення осаду стічних вод ПЗОС

Завод спалювання осаду на ЦСА є яскравим прикладом успішного вирішення складних екологічних проблем глибокої утилізації осаду на базі сучасної технології, техніки, процесів автоматизації і комп'ютеризації процесів очищення вод і обробки осаду.

Продуктивність заводу зі спалювання осаду на Південно-західних очисних спорудах складає 68 т/доб по сухій речовині для двох пічок. Для зниження концентрації оксидів сірки в димових газах передбачено додавання вапна в піч. Система очищення газів аналогічна системі на Центральній станції аерації, але досконаліша і ефективніша. Перший рівень - уловлювання золи в електрофільтрах. Удосконалення мокрого очищення газів полягає в тому, що для ефективного очищення від ртуті на другій стадії в абсорбер насадки вводиться спеціальний реагент (трінатрієва сіль трімеркапто-S-тріазіна $[C_3N_3S_3Na_3(3H_2O)]$). Цей реагент призначений для хімічного скріплення ртуті в циркулюючій рідині скрубера, чим забезпечується вища ефективність видалення ртуті, а також кадмію і деяких інших важких металів.

Продуктивність заводу спалювання осадів ПСА складає 122,4 т/доб по сухій речовині для трьох печей, а з урахуванням резервної потужності четвертої печі складе 183,6 т/доб. Технологічна відмінність заводу зі спалювання осаду на ПСА від заводу на ЦСА полягає в тому, що на ПСА застосована сучасніша система сухого очищення димових газів, яка замінює мокру систему газоочистки. При сухому способі використовують переважно високоактивні адсорбенти, а також речовини, які нейтралізують кислотоутворюючі гази. У таких системах від процесів газоочистки не утворюються стічні води, які зазвичай повертають в голову очисних споруд.

У системі сухої обробки газів на ПСА в потік димових газів вводять два сухі реагенти – бікарбонат натрію ($NaHCO_3$) і активоване вугілля. Суміш димових газів реагує з введеними реагентами і далі поступає в рукавний фільтр, де відпрацьований реагент з уловленими забруднюючими речовинами затримується та збирається в бункері відходів. Для фільтрації використовують високотехнологічні фільтруючі матеріали, виготовлені на основі фторпласта (тефлону), що обумовлює хімічну стійкість до агресивних компонентів топкових газів, високу надійність і ефективність очищення фільтруючої системи.

З метою підвищення ефективності використання реагенту частина його рециркулює з бункера відходів назад в потік топкових газів, куди також поступає свіжий реагент. Відпрацьований реагент з бункера відходів безперервно відводиться в накопичувальну ємність для тимчасового зберігання перед вивантаженням в автотранспорт. Далі цей відхід прямує на спеціальний полігон для поховання.

Зола від спалювання осадів стічних вод переважно складається з дрібнодисперсного мінерального пилу, двоокису кремнію, оксидів фосфору, алюмінію, заліза та інших металів. Зола відносять до 4 класу небезпеки, і на підставі результатів біохімічних, токсикологічних, хімічних і радіологічних досліджень золи було прийнято рішення переробки золи - її плавлення в

електропічах. При високій температурі відбувається перехід золи в склообразний стан. При цьому значно зменшується об'єм зольного залишку. Більшість сполук важких металів переходять в зв'язаний стан, що значно знижує їх активність при контакті з довкіллям. Отриманий склообразний матеріал охолоджують водою і отримують скляну крихту, яку після просіювання можна використовувати у виробництві підлогової плитки, абразивів, асфальту, герметичних заповнювачів. Щільність отриманого матеріалу $2,74 \text{ м}^3$, зменшення об'єму в порівнянні з вихідною золою більш ніж в 4 рази. Найбільш реальним і перспективним напрямком є використання золи у виробництві пінобетону, оскільки вміст золи в цьому матеріалі може складати 20–25 %.

Таким чином, можна зробити висновок, що екологічна ефективність при спалюванні осаду стічних вод порівняно з іншими методами обробки осаду полягає в наступному:

- припиняється складування незнезараженого осаду і відпадає необхідність в будівництві нових полігонів;
- скорочується викид газів від автомобільного транспорту;
- відсутні викиди в атмосферу від місць тимчасового складування осаду;
- очищення димових газів від печей спалювання здійснюється відповідно до міжнародних стандартів;
- виробляється до 45 тис. Вт/доб електроенергії;
- використання тепла, що отримують від спалювання осаду, для опалювання і гарячого водопостачання очисних споруд.

2 Скидання осадів в накопичувачі

До тимчасових заходів щодо ліквідації осадів відносять *скидання рідких осадів в накопичувачі та закачування осадів в земляні порожнечі*.

Майже у всіх процесах очищення стічних вод (механічному, фізико-хімічному, хімічному) отримують тверді мінералізовані осади – шлами. Щоб запобігти при їх депонуванні зараженню підземних вод і поверхневих водних джерел, застосовують накопичувачі. В них використовують протифільтраційні пристрої, що забезпечують надійну роботу споруд і виключають витік стічної рідини. Вид накопичувача визначає характер стічних вод або твердих відходів.

Розрізняють *накопичувачі рідинних однофазних стоків*: ставки-накопичувачі, ставки-випарники, відстійники, поля фільтрації; *накопичувачі двофазних стоків*: хвосто- і шламосховища, гідрозоловідвали і *накопичувачі твердих відходів*: золовідвали, шламонакопичувачі та ін.

У *накопичувачі рідинних однофазних стоків* направляють інтенсивно забарвлені промислові стічні води з сильним запахом, що містять велику кількість солей. При високому вмісті (більше 100 г/л) однорідної солі в стічній воді доцільно її упарювати з метою витягання солі. У ці накопичувачі направляють також промислові стічні води, що містять велику кількість органічних речовин, непіддатливих витягання і використанню, і відпрацьованих кислот (сірної, азотної, соляної) в різних співвідношеннях. У

ряді випадків в накопичувачі можна направляти стічні води, мінеральні солі, не дивлячись на високу концентрацію їх, якщо витягання їх недоцільно із-за неможливості застосування.

Щоб уникнути переповнювання не можна направляти в накопичувачі слабо забруднені стоки, що підлягають безперешкодному скиданню у водоймище або після обробки на очисних спорудах, а також дуже концентровані стічні води, наприклад, 20 % сірчану кислоту.

Схема ставка-накопичувача приведена на рисунку 9.4. Основу його складають гребля обвалування і протифільтраційна завіса з водонепроникного матеріалу, що заглиблюється до шару глини. Конструкція ставка у великій мірі залежить від рельєфу місцевості, геологічної будови і гідрогеологічних умов району. Залежно від рельєфу ставки можуть бути ярами, рівнинними, заплавними, косогірними і котлованами.

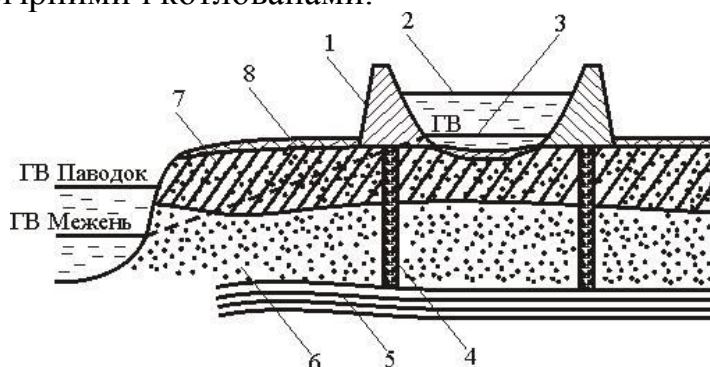


Рисунок 9.4 – Ставок накопичувач-випарник:

- 1 – гребля обвалування; 2 – максимальний розрахунковий рівень стоку;
- 3 – горизонт води (ГВ) в озері-солончаку до влаштування ставка;
- 4 – протифільтраційна завіса з бентонітових глин; 5 – глини;
- 6 – піски; 7 – суглинки; 8 – ґрунт

Ставки ярів розміщують в балках і ярах з перегороджувальною дамбою, низовій їх частині та з спеціальними водоскидними спорудами, призначеними для пропуску природного стоку дощових і талих вод. Рівнинні накопичувачі влаштовують на рівнинних ділянках, обваловувавши їх по всьому периметру греблею, або в штучно створюваних виїмках-ємкостях. Заплавні ставки споруджують в заплавах річок обваловуванням ділянки з трьох сторін. Таким же чином створюють накопичувачі на косогірних ділянках. Накопичувачі котлованів влаштовують у виробленнях старих кар'єрів або резерватів.

Найбільш радикальними засобами, вживаними для захисту підземних вод і водоймищ від забруднення, є перехоплення стоку дренажем і влаштування протифільтраційних завіс і екранів.

Протифільтраційні пристрої призначені для зниження фільтрації через дамбу або греблю і підвищення її стійкості, виключення небезпечних фільтраційних деформацій ґрунту і повної затримки стічних вод. Для їх спорудження використовують покриття слабопроникними ґрунтами (глина, суглинок), бітумом, бетоном, полімерними плівками та ін.

Накопичувачі двофазних стоків служать для прийому водних суспензій мінеральних і органічних речовин різного складу, концентрація твердої фази в яких коливається від 20 до 100 г/дм³, які, як вже вказувалося вище, прямують на мулові площадки або в шламонакопичувачі. В їх пристрої багато схожого, але основна відмінність між ними полягає в тому, що мулові площадки – це своєрідні очисні споруди для зневоднення осаду, а шламонакопичувачі (іноді їх називають шламосховищами, в гірничорудній промисловості – хвостосховищами) – це місця для захоронення відходів, які поки що не можна використовувати.

Шламонакопичувачі є відкритими земляними ємкостями: після накопичення в них певної кількості шламу їх консервують і шлам подають вже в інші накопичувачі. Вони можуть бути типу балочного яру, якщо розташовуються в балках або ярах (рис. 9.5), або насипного типу, коли створюються насипанням на рівному майданчику, обмеженому валами. Ті та інші зазвичай розташовують поза територією станції або підприємства, а шлами подають трубопроводами або підвозять автомашинами.

Шламосховища насипного типу влаштовують на спланованій площадці та захищають валиками трапецеїдальної форми. Земляний насипний вал насипають спочатку не до повної проектної висоти, його нарощують у міру накопичення шламу (рис. 9.6). Проектна висота валика залежить від виду, властивостей і кількості осаду. Найчастіше насипні валики роблять з ґрунту, взятого з чаші шламосховища, що дозволяє збільшити його об'єм. Водонепроникність збільшують горизонтальним і похилими екранами, зробленими з глини, іноді з неї роблять протифільтраційне ядро. Останнім часом застосовують плівкові екрани з полімерних матеріалів.

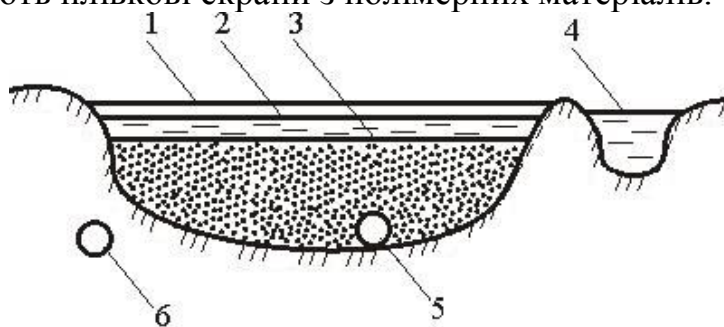


Рисунок 9.5 – Шламосховище типу балочного яру:

- 1 – проектна поверхня шламосховища; 2 – рівень води;
3 – рівень шламу; 4 – водоскид у вигляді канави; 5 – водоскид у вигляді донної труби; 6 – водоскид у вигляді тунелю

Шламосховища повинні мати дренажні пристрої, які сприяють збільшенню міцності тіла земляного насипного валу (дамби), укосів і основи до дії небезпечних фільтруючих деформацій, перехопленню забруднених вод, що фільтруються з шламосховища, поліпшенню процесу зневоднення шламів. Існує багато конструкцій дренажу, вибір яких залежить від рельєфу і інших умов місцевості, розміру шламосховища, виду шламу, що зберігається. Сумісна

дія екрануючих пристроїв і дренажу повинна забезпечити захист ґрунту і водоймищ від забруднень водами, що виділяються з шламу.

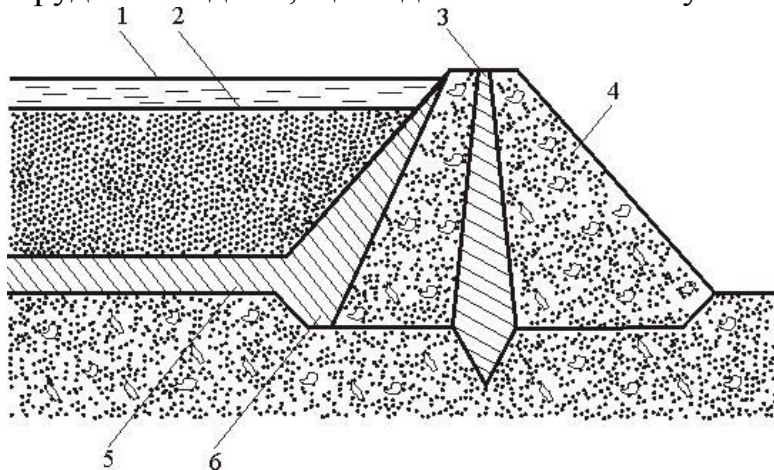


Рисунок 9.6 – Насипний вал (дамба) шламосховища:
1 – рівень води; 2 – рівень шламу; 3 – ядро; 4 – тіло валика;
5 – похилий екран; 6 – горизонтальний екран

Після заповнення до проектної відмітки шламосховище підлягає консервації. Основним завданням консервації є забезпечення довготривалого зберігання накопичених шламів без забруднення навколишнього середовища. Перш за все необхідно попередити пилування укосів і гребенів валів, а також поверхні відвалів. Укоси і гребені просочують терпкими речовинами (шпан, латекс, полімерні відходи хімічних виробництв) або засипають щебенем і гравієм шаром завтовшки 15–20 см. Поверхню шламів також покривають шаром відсипання і рослинного ґрунту та засівають багатолітніми травами, що ушляхетнює ландшафт. Законсервоване шламосховище необхідно захищати від поверхневих стоків і атмосферних осадів так само, як діюче. Відведення води, що залишилася в шламі, продовжується через дренажні пристрої, які необхідно підтримувати в працездатному стані.

Не можна забувати, що законсервовані шламосховища є небезпечним потенційним джерелом забруднення навколишнього середовища і, якщо їх залишити без нагляду і не приймати заходів до підтримки їх цілісності, вони перетворюються на постійно діюче джерело брудної води, усунути яке дуже важко.

Хвостосховище є відгородженою дамбою або греблею (рис. 9.7) ділянкою місцевості. Дамбу або греблю будують насипним або наливним способом. У міру заповнення відгородженої ділянки будують вторинні греблі. Їх зводять насипним способом з привезених матеріалів. При високих тисках на дамби і наявності в основі дамб ґрунтів, що сильно фільтрують, влаштовують розвантажувальні дренажі. У міру подачі до хвостосховищ пульпи рівень води в їх ставках освітлення весь час підвищується, змінюються в межах сховищ місцеположення ставка і його розміри.

Хвостосховища займають обширні площі, вимірювані сотнями гектарів; глибина їх досягає сотень метрів, а глибина шару води, залежно від умов подачі пульпи і відведення освітленої води, складає 0,5–1,5 м.

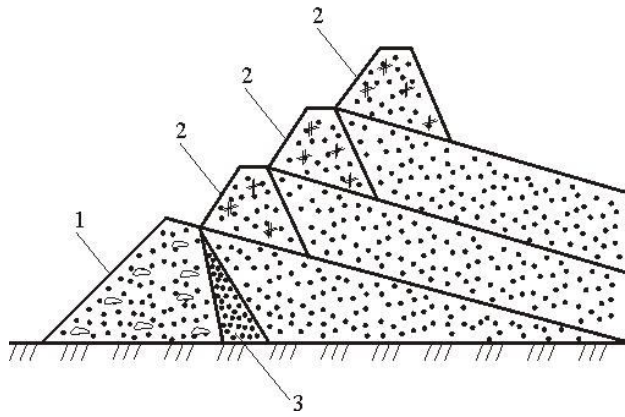


Рисунок 9.7 – Дамба хвостосховища:

1 – дамба першої черги; 2 – вторинні греблі; 3 – дамба другої черги

Контрольні питання

1. Коли застосовують ліквідацію осадів стічних вод?
2. Охарактеризуйте метод ліквідації осадів спалюванням?
3. Назвіть можливості термічної переробки (спалювання) осаду.
4. Опишіть схему сушки осаду в розпилюючих сушарках з киплячим шаром.
5. Опишіть схему сушки осаду в багаточеревених печах.
6. Опишіть схему установки для спалювання осадів стічних вод і твердих відходів.
7. Опишіть технологічну схему заводу зі спалення осаду стічних вод ПЗОС.
8. Яка може бути екологічна ефективність при спалюванні осаду стічних вод порівняно з іншими методами обробки осаду?
9. Охарактеризуйте метод ліквідації осадів скиданням рідких осадів в накопичувачі та закачуванням осадів в земляні порожнечі.
10. Які застосовують накопичувачі для осадів стічних вод?

Тема 10 Технологічні схеми обробки осадів стічних вод

Будь-яка технологічна схема обробки осадів повинна відповідати наступним вимогам:

- можливість використання або ліквідації осаду;
- доцільність використання побічних продуктів (газу, тепла);
- економія площ, займаних очисними спорудами.

На рисунках 10.1 – 10.9 приведені деякі найбільш поширені принципові комплексні технологічні схеми обробки осадів стічних вод. Ту або іншу схему застосовують в певному обмеженому діапазоні продуктивності споруд для обробки осаду.

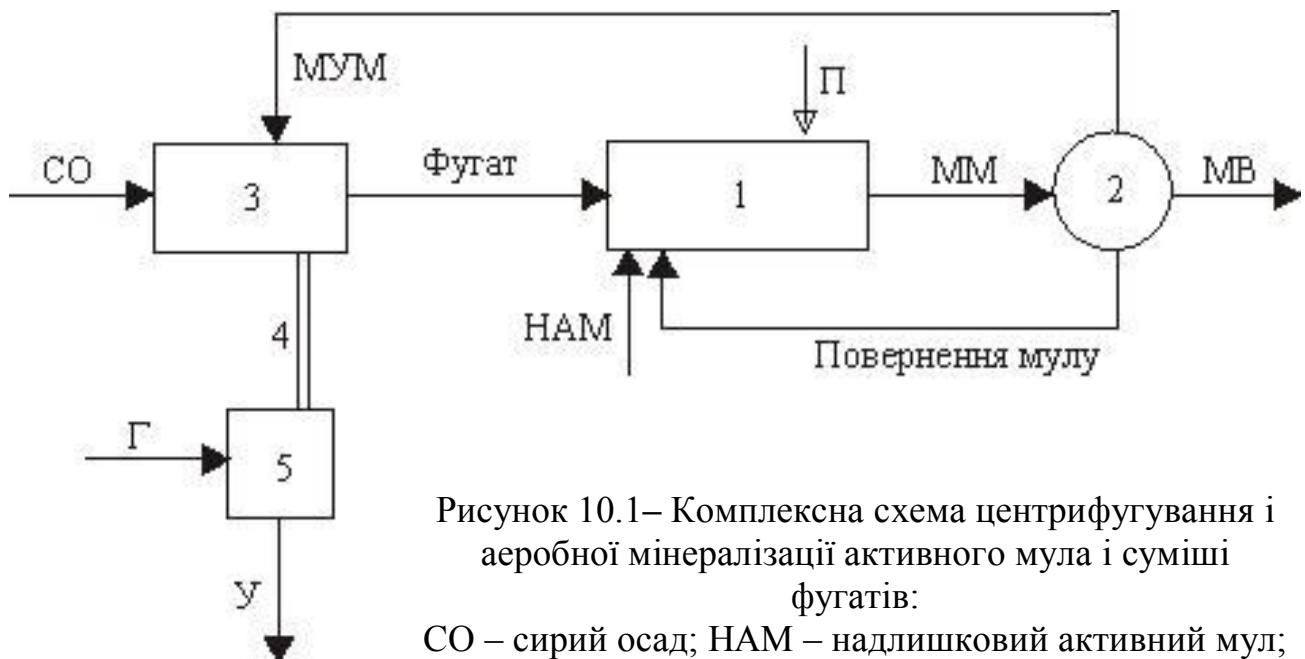


Рисунок 10.1– Комплексна схема центрифугування і аеробної мінералізації активного мулу і суміші фугатів:

СО – сирий осад; НАМ – надлишковий активний мул; ММ – мінералізований мул; МУМ – мінералізований ущільнений мул; МВ – мулова вода; У – сухий осад, підготовлений до утилізації; П – повітря; Г – газ; 1 – мінералізатор; 2 – ущільнювач; 3 – цех центрифугування; 4 – конвеєри; 5 – установка для термічної обробки

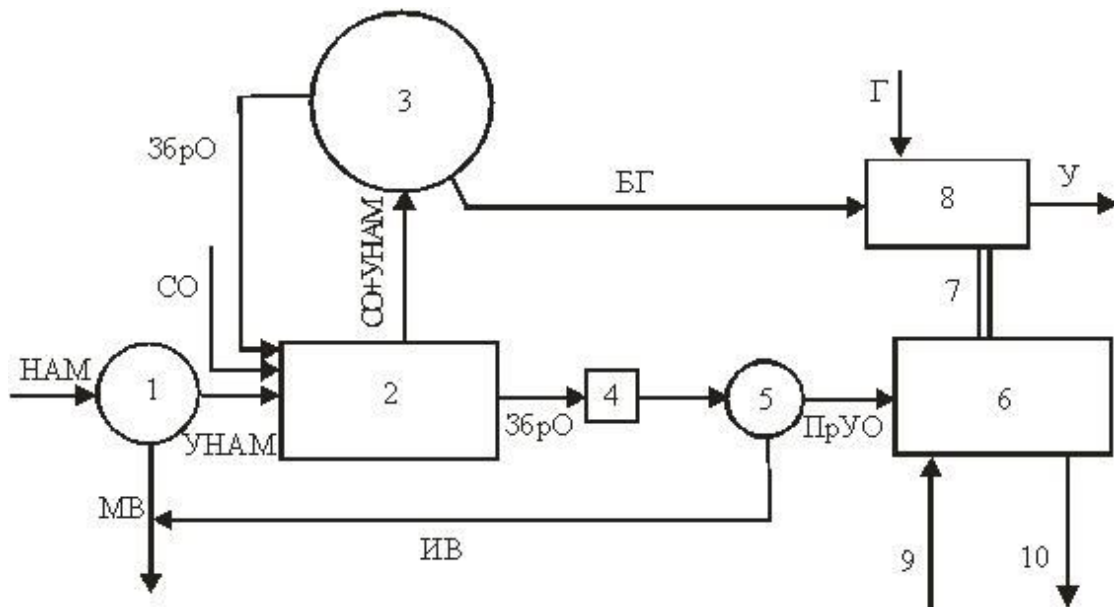


Рисунок 10.2 – Комплексна схема анаеробного зброджування, вакуум-фільтрації і термічної сушки осадів:

СО – сирий осад; НАМ – надлишковий активний мул; УНАМ – ущільнений надлишковий активний мул; СО+УНАМ – суміш осаду і активного мула; ЗбрО – анаеробний зброджений осад; БГ – біогаз з метантенка; Г – газ; ПрУО – промитий і ущільнений осад; МВ – мулова вода; У – сухий осад, підготовлений до утилізації; 1 – мулозгущувач; 2 – насосна станція; 3 – метантенк; 4 – промивна камера; 5 – ущільнювач; 6 – цех вакуум-фільтрації; 7 – конвеєри; 8 – установка для термічної обробки; 9 – реагенти; 10 – фільтрат в голову споруд

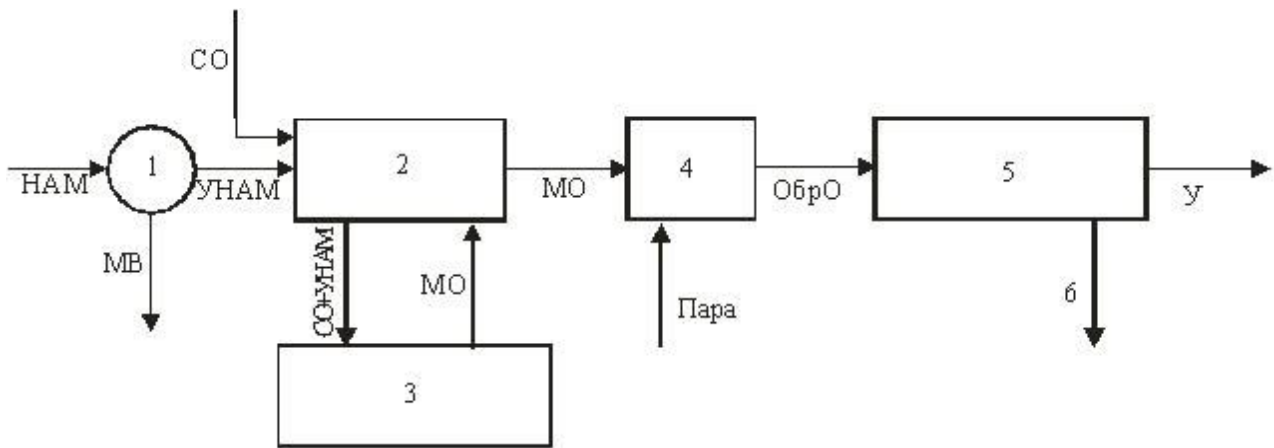


Рисунок 10.3 – Комплексна схема аеробної мінералізації, теплової обробки і фільтр-пресування осадів:

СО – сирий осад; НАМ – надлишковий активний мул;

УНАМ – ущільнений надлишковий активний мул; СО+УНАМ – суміш осаду і активного мула; МО – мінералізований осад; ОбрО – оброблений осад; МВ – вода мула; У – сухий осад, підготовлений до утилізації;

1- ущільнювач; 2 – насосна станція; 3 – мінералізатор; 4 – установка для теплової обробки осаду; 5 – цех фільтр-пресування;
6 – фільтрат в голову споруд

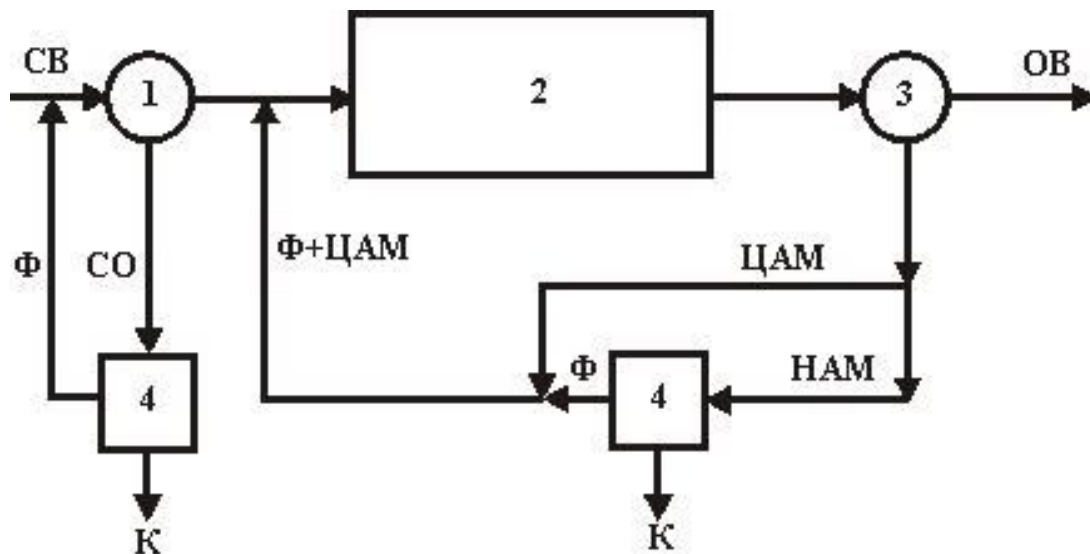


Рисунок 10.4 – Схема роздільного центрифугування сирого осаду і активного мула:

СВ – стічні води; ОВ – очищені стічні води; СО – сирий осад з первинних відстійників; ЦАМ – циркулюючий активний мул;

НАМ – надлишковий активний мул; К – кек; Ф – фугат; Ф+ЦАМ – суміш фугата і циркулюючого активного мула;

1 – первинний відстійник; 2 – аеротенк; 3 – вторинний відстійник;
4 – центрифуги

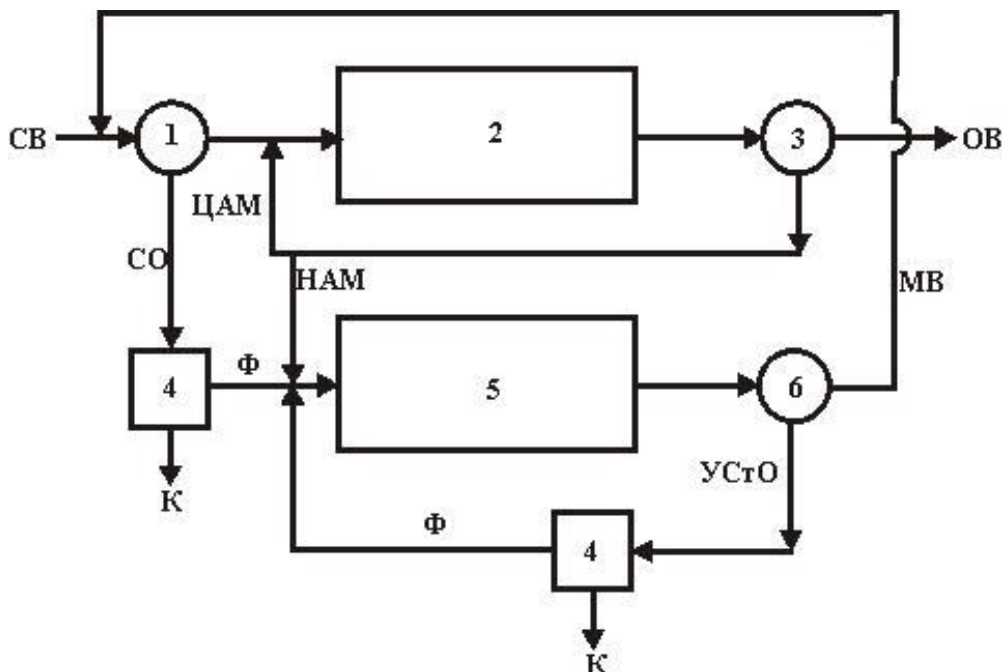


Рисунок 10.5 – Комбінована схема центрифугування осадів стічних вод:
 СВ – стічні води; ОВ – очищені стічні води; СО – сирий осад з первинних відстійників; ЦАМ – циркулюючий активний мул; НАМ – надлишковий активний мул; К – кек; Ф – фугат; МВ – мулова вода; УСтО – ущільнений стабілізований осад;

1 – первинний відстійник; 2 – аеротенк; 3 – вторинний відстійник;
 4 – центрифуги; 5 – аеробний стабілізатор; 6 – мулозгущувач

Результатом багатоступінчатої переробки мулових осадів є отримання таких продуктів:

- органомінеральні добрива;
- техногенний ґрунт без органічної складової для рекультивації земель як ґрунту;
- кормова біомаса для годування тваринних птахів, риби, морських і прісноводних молюсків (при потребі), отримана шляхом багатократної флотосідерації мулових осадів;
- гарячі повітряні потоки сухого повітря (вологість 8 %) для сушки мулових осадів і термічної обробки отриманої кормової біомаси;
- можливе отримання перегрітої пари тиском 1,5-21 атм. і температурою до 250°C (при потребі);
- заміник природного газу (ЗПГ) з калорійністю 8500 ккал/м³;
- вуглеводневий дистилат піролізної переробки органічної складової мулових осадів;
- напівкокс (при потребі);
- електрична і теплова енергія.

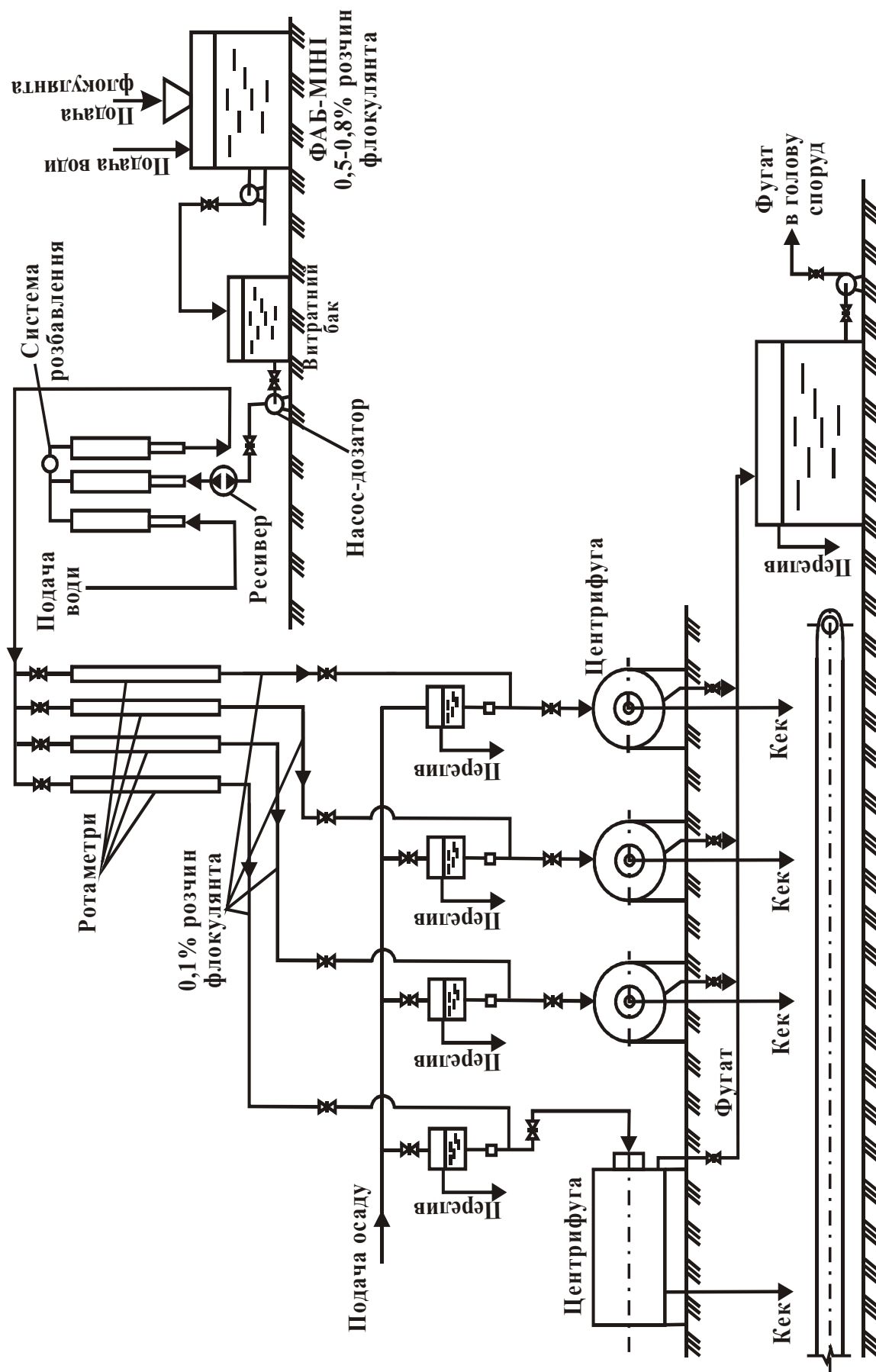
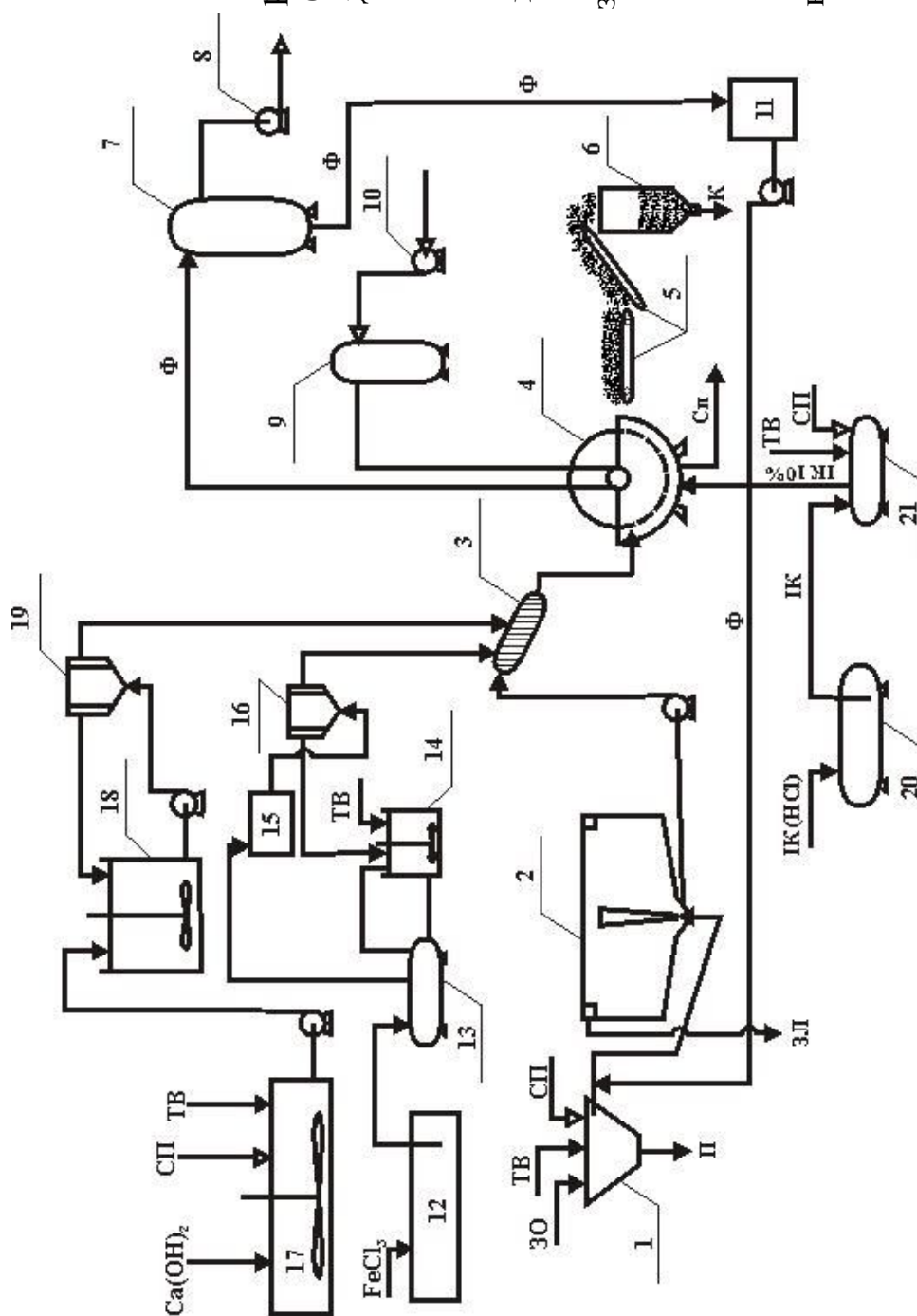


Рисунок 10.6 – Технологічна схема приготування та дозування розчину флокулянта

Рисунок 10.7 – Схема вузла вакуум-фільтрування осаду з реагентної підготовки:

- 1 – промивна камера; 2 – ущільнювач; 3 – змішувач; 4 – вакуум-фільтр; 5 – транспортери; 6 – бункер для осаду; 7 – уловлювач фільтрату; 8 – вакуум; 9 – ресівер; 10 – повітродувка; 11 – бак для фільтрату; 12 – ємкість для зберігання хлорного заліза; 13 – мірник; 14 – бак розчину; 15 – витратний бак; 16 – дозатор; 17 – бак розчину вапна; 18 – витратний бак; 19 – дозатор; 20 – цистерна для зберігання інгібіруваної соляної кислоти; 21 – бак-мірник розчину;
- СП – стиснуте повітря; ІК – інгібірувана кислота; К – кек з вакуум-фільтра; П – пісок; ЗЛ – зливна вода з мулозгущувача; ЗО – зброджений осад; ТВ – технічна вода; Ф – фільтрат; Сп – спороження вакуум-фільтру



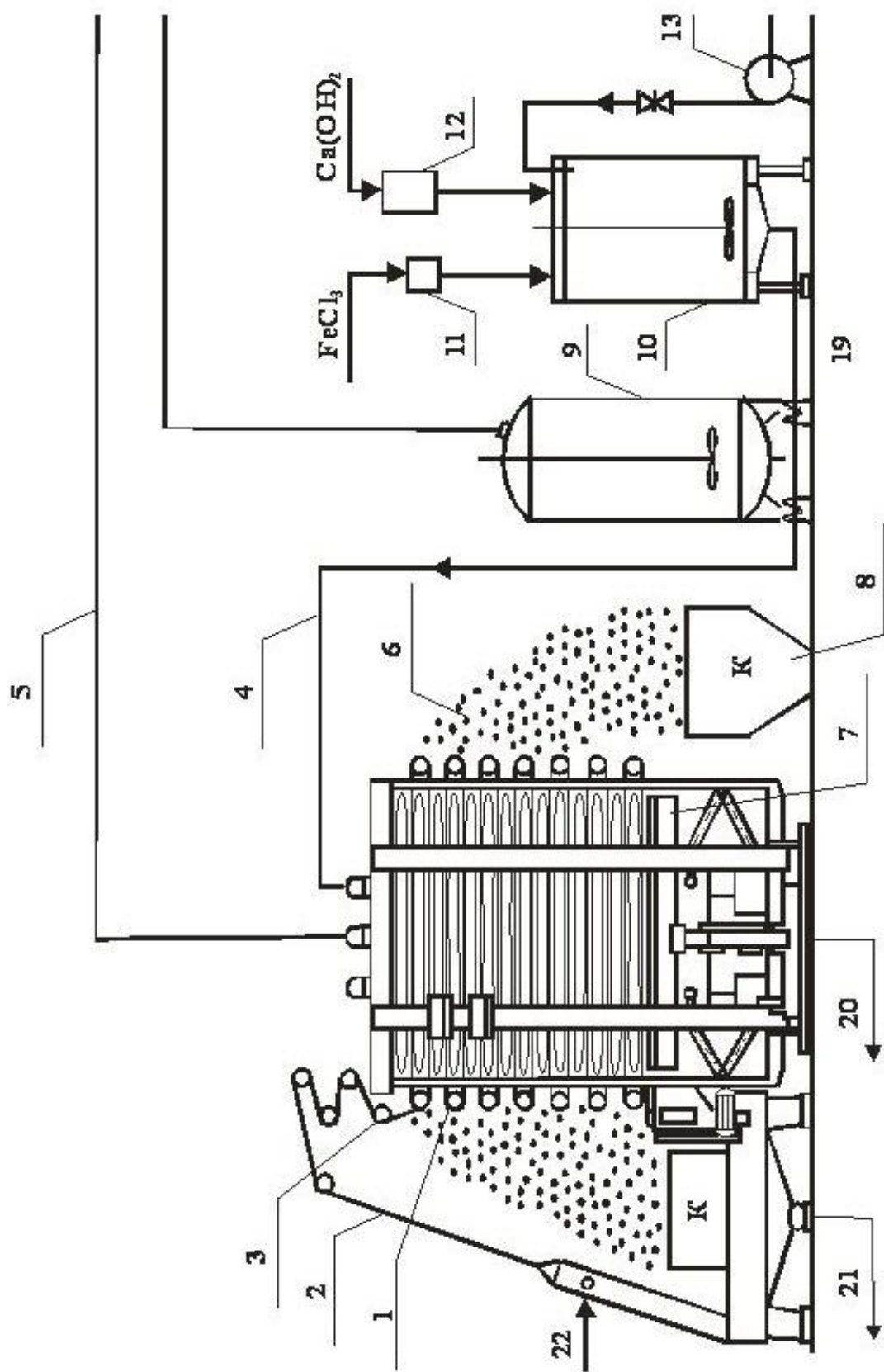


Рисунок 10.8 – Технологічна схема фільтр-пресування осадів:

1 – фільтр-прес; 2 і 3 – фільтрувальні тканина і плити; 4 – мулопровід; 5 – стиснуте повітря на продування;
 6 – кек, вивантажуваний з преса; 7 – нажимна плита; 8 – бункер для кека; 9 – монжус; 10 – резервуар; 11 – дозатор
 хлорного заліза; 12 – дозатор вапна; 13 – насос для осаду; 14 – вакуум; 15 – вакуумна лінія; 16 – стиснуте повітря
 на передавлювання осаду; 17 – компресор; 18 і 19 – подача сирого і скоагульованого осаду; 20 – відведення
 фільтрату; 21 – відведення промивної води; 22 – подача води на промивку тканини; В – вакуум; ОС – осад

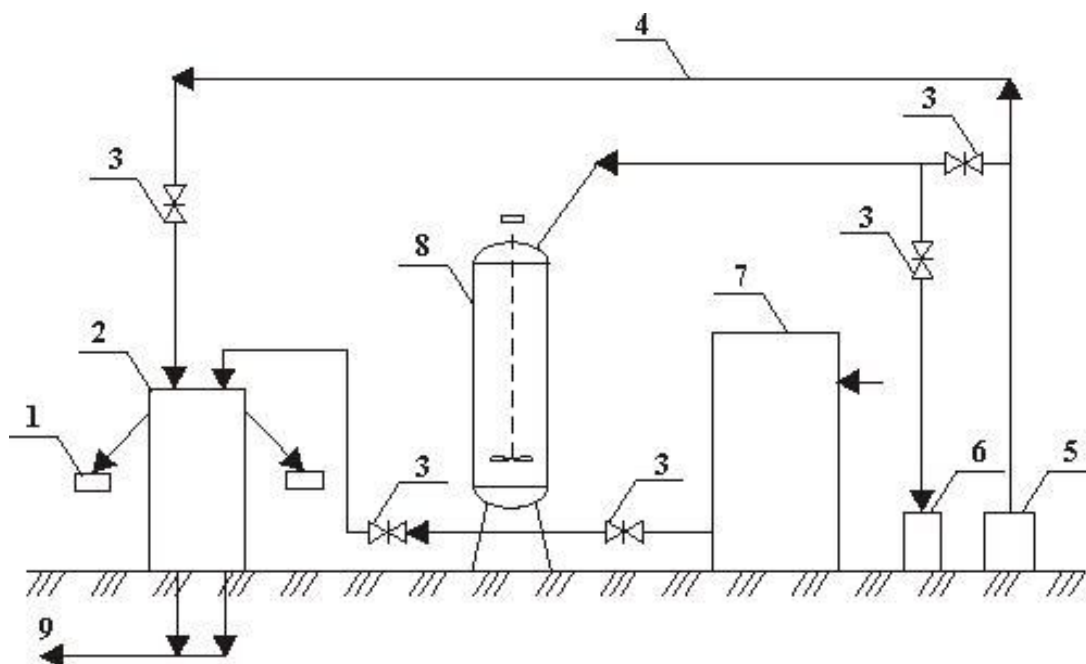


Рисунок 10.9 – Обладнання установки для зневоднення осаду фільтр-пресуванням:

1 – конвеєри; 2 – фільтр-прес камерного типу; 3 – засувка; 4 – трубопровід стиснутого повітря; 5 – компресор; 6 – вакуум; 7 – резервуар зневоднюваного осаду; 8 – монжус; 9 – відведення фільтрату і промивної води

Світовий досвід показує, що поліпшення токсикологічних характеристик осадів не може бути повністю забезпечене заходами, що запобігають попаданню важких металів в міську каналізацію. В осадах міських очисних станцій найбільш небезпечними елементами за рівнем вмісту є Cd, Ni, Zn, Cu і Cr. З них тільки вміст хрому і нікелю повністю визначається техногенними джерелами забруднення. Ефективний контроль за скиданням цих елементів промисловими підприємствами дозволить понизити їх вміст в осадах до ГДК цих речовин в ґрунтах. Вміст Cu і Zn багато в чому визначається розсіяними джерелами забруднення. Суворий контроль за скиданням цих елементів дозволяє понизити їх вміст в осадах тільки до концентрацій, що в 2,5–3 рази перевищують ГДК в ґрунтах.

Присутність в осадах важких металів викликає значну кількість пошукових дослідницьких робіт по розробці технологій детоксикації осадів. Більшість розробок заснована на переведенні важких металів в розчинений стан з подальшою сепарацією детоксицьованої твердої фази осаду від рідкої фази, що містить важкі метали. Відмінності технологічних рішень полягають в методах переведення важких металів в розчин і подальшої їх концентрації у вигляді шламів. Складність проблеми полягає в тому, що важкі метали в осаді представлені важкорозчинуваними органічними і мінеральними сполуками, руйнування яких відбувається тільки в кислому середовищі з високим окислювальним потенціалом.

Найбільш перспективними методами видалення важких металів з осаду міських стічних вод є технології, що комбінують хімічні та біологічні прийоми.

Застосування кислотних реагентів, насамперед найбільш дешевої та екологічно безпечної сірчаної кислоти, дозволяє забезпечити кислу реакцію середовища, а підтримку активності специфічної біомаси забезпечує перехід важких металів в розчин.

Контрольні питання

1. Яким вимогам повинна відповідати будь-яка технологічна схема обробки осадів?
2. Опишіть комплексну схему центрифугування і аеробної мінералізації активного мула і суміші фугатів.
3. Дайте характеристику комплексній схемі анаеробного зброджування.
4. Як працює схема вакуум-фільтрації і термічної сушки осадів.
5. Охарактеризуйте комплексну схему аеробної мінералізації, теплової обробки і фільтр-пресування осадів.
6. Які апарати застосовують в схемі роздільного центрифугування сирого осаду і активного мула?
7. Опишіть комбіновану схему центрифугування осадів стічних вод.
8. Як реалізують реагентну підготовку в при вакуум-фільтруванні осаду?
9. Як працює технологічна схема фільтр-пресування осадів?
10. За рахунок яких процесів можна перевести органічну складову осадів в нетоксичні сполуки, розчинні у воді, а важкі метали неорганічної складової осадів - в нерозчинні у воді сполуки?
11. Дайте характеристику технологічній схемі обробки осадів, яка включає згущення, механічне зневоднення і низькотемпературну сушку.
12. Охарактеризуйте процеси комплексної термічної переробки мулових осадів і госппобутових стоків з отриманням енергетичних продуктів, органомінеральних добрив і ґрунту.
13. Для чого проводять вилуговування важких металів з осадів стічних вод?
14. Які процеси реалізують в технологічній схемі реагентно-біологічного вилуговування важких металів з осадів міських стічних вод?

Тема 11 Напрями утилізації осадів стічних вод та біогазу

- 1. Напрями утилізації осадів стічних вод.**
- 2. Напрями утилізації біогазу.**
- 3. Технологічні схеми утилізації біогазу**

1 Напрями утилізації осадів стічних вод

Осади стічних вод (ОСВ) є цінним матеріальним і енергетичним ресурсом – вони можуть використовуватися як органомінеральні добрива або спалюватися з отриманням тепла (рис. 11.1). Альтернативними способами утилізації ОСВ є виробництво різних будівельних матеріалів на основі золи й шлаку від спалювання ОСВ, отримання теплової енергії при спалюванні



Рисунок 11.1 – Основні напрями утилізації осадів стічних вод

висушених осадів (окремо або спільно з твердими побутовими відходами), використання осадів у складі сорбентів, вживаних для очищення газів каналізаційних колекторів, рекультивация ґрунтів, кар'єрів і закритих звалищ шляхом засипки висушеними осадами і тому подібне.

ОСВ містять необхідні рослинам елементи живлення і за своєю агрохімічною цінністю аналогічні традиційним органічним добривам – гною; внесення їх в ґрунт поліпшить склад і структуру орного шару ґрунту і забезпечить підвищення врожайності рослин (табл. 11.1, 11.2).

Таблиця 11.1 – Вміст основних живильних речовин в осадах стічних вод, % маси сухої речовини

Живильні речовини	Сирий осад	Зброджений осад	Активний мул	Суміш осаду первинних відстійників і активного мула
Азот загальний	1,6-6	1,7-7,5	2,4-10,0	2,0-8,0
Фосфор загальний в перерахунку на P_2O_5	0,6-5,2	0,9-6,6	2,3-8,0	1,0-7,0
Калій загальний в перерахунку на K_2O	0,1-0,6	0,2-0,5	0,3-0,4	0,2-0,5

Таблиця 11.2 – Агрономічна цінність осадів стічних вод, перегною та твердих побутових відходів

Добрива	Вміст, % від маси сухої речовини				
	азоту загального	фосфора загального	калію	кальцію	магнію
Гній кінський	2,16	1,79	1,80	1,66	0,53
Гній коров'ячий	2,00	1,02	2,22	—	—
Сміття міське (ТПВ)	1,64	1,00	0,30	—	—
Осад сирий з первинних відстійників	3,20	1,80	0,15	—	—
Осад, зброджений після первинних відстійників та мулових площадок	3,02	2,33	0,21	3,48	—
Теж, разом з активним мулом	3,03	3,70	0,18	3,29	0,95
Після механічного зневоднення та термічної сушки	1,96	3,92	0,007	5,21	5,81

Добрива	Вміст, % від маси сухої речовини				
	азоту загаль-ного	фосфора загаль-ного	калію	кальцію	магнію
Зброджений осад, підсушений на мулових площадках	1,3	2,54	0,28	—	—
Вимоги до якості осаду, використовуюваного як добриво	>0,60	>1,50	>0,15	—	—

З приведених даних видно, що «свіжоутворені» осади, окрім 60–80 % органічних речовин, містять азоту і фосфору до 3,5–6 %, калія до 0,4–0,7 %. Але при тривалій їх витримці відбувається мінералізація органічних речовин, а також втрата або винесення живильних елементів з рослинами, які мимоволі висіваються на осадах. Найбільш цінним органічним добривом, особливо багатим азотом і фосфорним ангідридом, є активний мул.

Мінеральна частина осадів представлена в основному сполуками кальцію, кремнію, алюмінію та заліза.

Надходження на очисні станції міст різноманітних виробничих стоків обумовлює присутність в осадах ряду мікроелементів. Вміст мікроелементів, мг на 1 кг сухої речовини осадів, складає:

бор	—	до 15	мідь	—	55–3200
кобальт	—	2–114	молібден	—	0,5–11
марганець	—	60–715	цинк	—	40–5000.

Мікроелементи підвищують швидкість багатьох біохімічних реакцій, що протікають в рослинах, а їх недолік викликає порушення обміну речовин. Також мікроелементи сприяють засвоєнню рослинами органічних речовин з осадів.

Санітарно-бактеріологічна і санітарно-паразитологічна оцінка осадів стічних вод показала, що у тих спорудах, де використовують технологію термофільного зброджування, обробку вапном або аміаком, компостування, санітарні показники відповідають вимогам нормативних документів, тобто патогенні мікроорганізми і небезпечні для здоров'я яйця гельмінтів відсутні.

Питання утилізації зневоднених осадів стічних вод підіймалося вченими ще в 1914 році, їх рекомендувалося використовувати як добриво або паливо. В даний час накопичений значний досвід з використання осадів міських і виробничих стічних вод. Визначені такі основні напрями утилізації осадів:

Сільськогосподарське використання

Як вказано вище, за складом ОСВ практично відповідають перегною, поступаючись останньому тільки за вмістом калію; очевидним є доцільність їх використання в сільському господарстві як добрива.

Відходи стічних вод виробничих підприємств також успішно можуть утилізуватися в сільському господарстві. Металургійні шлами, які містять значну кількість вапна, можуть використовуватися для кондиціювання кислих ґрунтів. Осади органовміщуючих стічних вод харчової, целюлозно-паперової та гідролісної промисловості за вмістом біогенних елементів перевершують осади муніципальних стічних вод, що зумовлює успішне їх використання в якості добрива.

Високий вміст білків, амінокислот, мікроелементів і вітамінів в надлишковому активному мулі дозволяє використовувати його як харчові добавки для різних галузей тваринництва. Зокрема вченими запропоновано застосування розробленого на його основі кормового продукту «белвітамілу». Добавка в харчовий раціон тварин і птахів даного продукту збільшує вихід м'ясних продуктів, підвищує яйценоскість курей, покращує смакові якості та зменшує витрати кормів.

Крім безпосереднього використання осадів як добрива, можливо виробництво на їх основі компостів. Цей спосіб утилізації має ряд переваг, а саме дозволяє спростити транспортування, відкоригувати склад.

Регенерація цінних продуктів

Починаючи з 80-х років минулого століття, в США застосовується компостування осаду спільно з твердими побутовими відходами з метою отримання біогазу. До теперішнього часу близько 120 місць депонування використовують спеціальні реактори, де відбувається анаеробне бродіння. Реактор є послідовністю шарів, нанесених на водонепроникну основу. Біогаз збирається пористим спеціальним газовідвідним шаром. Після завершення процесу бродіння компост використовують для кондиціювання збіднених ґрунтів.

Стічні води первинної обробки шерсті висококонцентровані та містять велику кількість шерстного жиру. Очищення стоків флотаційною сепарацією дозволяє затримати близько 50 % шерстного жиру. Після розділення з шерстю жирні стоки подаються в теплообмінник, де охолоджуються з 45 до 30°C, потім прямують в імPELLерні флотаційні апарати. Концентрована жировміщуюча піна після флотаторів перекачується в бак підігріву емульсії, звідти на первинні сепаратори, де розділяється на три фракції: жирову, грязьову і водяну. Жирові води подаються на вторинні сепаратори, після яких виходить висококонцентрований технічний жир. Одержуваний таким чином жир використовують як ефективний антикорозійний засіб для зберігання машинних виробів, як мастило для підшипників, воно має високотемпературну точку плавлення. Ланолін, що виділяється з технічного жиру, широко використовують в косметичній промисловості.

Солі важких металів, які містяться в стічних водах гальванічних виробництв, потрапляють в міську каналізацію, потім на муніципальні очисні споруди, де опиняються в осаді й надалі ускладнюють утилізацію останнього в сільському господарстві. Одночасно з цим втрачається значна кількість цінних компонентів, які можливо повторно використовувати в гальванічному

виробництві. У Великобританії розроблений спосіб утилізації нікелю, міді та цинку з гідроокисного шламу гальванічних ванн на основі їх вилуговування. Мідь і нікель витягують послідовно з вилуговуючого розчину рідинною екстракцією. Потім цинк виділяють з розчину при термічній відгонці аміаку у вигляді карбонату. Вилуговуючий розчин змішують з відігнаним аміаком, після чого повторно використовують для виділення металовмісних відходів.

Виробництво будівельних матеріалів

Осад стічних вод може служити сировиною для виробництва будівельних матеріалів. Можна виділити наступні напрями: використання осаду у виробництві цементу; у виробництві керамічної цеглини; застосування золи після спалювання осадів як наповнювача для бетону, асфальту; використання одержуваного при плавленні осадів шлакокамня в будівництві автомобільних доріг.

Відходи очищення стічних вод титаномагнієвих виробництв знаходять застосування для виробництва терпкої речовини, на основі якої можна виробляти штукатурні розчини, штучний мармур, термоізоляційні матеріали, основи під чисту полу та ін. Волокновміщуючі осади стоків целюлозно-паперових комбінатів успішно використовують для виробництва волокнистих плит. На основі осадів надсмольних вод, які одержують при очищенні стоків підприємств синтетичних смол, успішно готують різні пластмасові вироби, які в три-чотири рази дешевше, вони вологотермостійкі та відрізняються підвищеними діелектричними властивостями.

Широко відомі дослідження з використання золи, одержаної при спалюванні осаду, при виробництві цементу. Але останнім часом розроблена технологія утилізації стабілізованого і зневодненого осаду як компоненту при виробництві портландцементу. Заздалегідь зброджений і зневоднений осад муніципальних стічних вод піддають сушці при температурі 105°C, де висушують до вологості 5 %, потім його подрібнюють і піддають просіюванню крізь сита з розміром осередків 10 мм, звідки спільно з роздробленим вапняком (вміст $\text{CaCO}_3 > 95\%$) подають в міксер.

Суміш осаду і вапняку піддають первинному подрібненню до частинок з розміром 0,25-0,35 мм, після чого подають в електричну піч. Процес випалення контролює ЕОМ. Обробка закінчувалася вторинним подрібненням до розміру зерна 0,08 мм і додаванням портландцементу. Залежно від вмісту вапна, долі портландцементу, часу і температури випалення змінювалися характеристики речовини - «біоцементу», при порівнянні яких зроблені наступні висновки: при температурі 550°C повністю вигорає органіка, якнайкращі показники має суміш осаду і вапна в співвідношенні 1:1 при обробці в печі з температурою 1000°C. Зразки «біоцементу», що складаються з 30 % такої суміші і 70 % портландцементу, за показниками міцності не поступаються зразкам 100 % портландцементу.

Ця технологія економить сировину для виробництва портландцементу і дозволяє ефективно утилізувати осади муніципальних стічних вод.

Цікавим способом утилізації осаду стічних вод при виготовленні штучного каменя – наповнювача для виробництва бетону є технологія,

запропонована вченими з Сан-Дієго. Як початкові матеріали для виробництва даного каменя служать глина, осад муніципальних і виробничих стічних вод, який неможливо утилізувати в сільському господарстві із-за наявності в ньому токсичних компонентів. Процес виробництва цього наповнювача полягає в наступному: подрібнений осад і глину перемішують, потім суміш формують у вигляді кульок і обпалюють в роторній печі. Готовий наповнювач представляє з себе кульки, що нагадують керамзит, розмірами 10–12 мм, які використовують надалі при виробництві бетону.

В Японії широко застосовують технології виробництва будівельних матеріалів з осадів стічних вод, які піддають плавленню в різних печах: коксоплавильній, рефлекторній, вихровій, електричній і мікрохвильовій. В даний час в країні діють 3 установки з коксоплавильними печами, 2 – з рефлекторними, 8 – з вихровими і одна – з електричною піччю. Шлак, що одержують в результаті плавлення, складає всього лише 2,6 % від об'єму вихідного зневодненого осаду.

На думку японських фахівців, плавлення – чудовий і дуже вигідний спосіб утилізації осадів стічних вод. Дану технологію використовують при відливанні металу, коли спільно з коксом плавиться руда. У разі утилізації осаду замість руди подають зневоднений до 45 % осад з реагентом і коксом так, щоб вагове співвідношення оксиду кальцію до оксиду кремнію було біля одиниці.

Коксове завантаження грає роль камінних ґрат і дозволяє підтримувати температуру біля 1600°C, потрібну для проходження процесу, вище зони плавлення знаходиться вторинна зона горіння, яка слугує для уловлювання розсіяного пилу.

Після зони горіння температура утворюваних газів знижується до 900°C за допомогою системи труб з холодною водою. При цьому утворюється пара, використовувана для сушки осаду і частково утилізована як електрична енергія. Утворювані гази проходять систему очищення і випускаються в атмосферу.

Фізичні властивості і форма частинок шлаку залежать від методу охолодження. Його міцність – наслідок ступеня кристалізації. Шлак з високим вмістом кремнію достатньо погано кристалізується. При охолодженні водою – частинки шлаку дрібні і склоподібні. Шлак, який охолоджують потоком повітря, стає склоподібним і застигає єдиною масою; при охолодженні без направлених потоків повітря має вигляд каменя.

В Японії шлакокамень – достатньо ходовий товар: у префектурі міста Осаки в рік продається близько 1400 тонн шлаку в рік. Товар з розмірами частинок 3–40 мм охоче розкуповують для будівельних робіт, шлакокамень розміром 2,5–4 мм – для виробництва будівельних конструкцій і матеріалів; найдрібніший (<2,5 мм) для виготовлення фарб і мастил. До середини 90-х років минулого сторіччя на хвилі захоплення безвідходними технологіями незвичайно популярними були ювелірні прикраси з шлакокаменя.

Виробництво адсорбентів з осадів муніципальних стічних вод

Швидкі темпи зростання міст і селищ останнім часом призводять до того, що очисні споруди муніципальних стічних вод і промислові підприємства опиняються в міській межі. При цьому гостро встає проблема усунення неприємних запахів, супутніх технології виробництва. Найбільш поширена речовина, що викликає неприємний запах – сірководень, який утворюється при кислій фазі анаеробного зброджування. До останнього часу для усунення неприємного запаху використовували активоване вугілля, яке має один істотний недолік – високу вартість. Багатьма вчених проводили дослідження з метою знайти дешевий замінник активованого вугілля. Осад стічних вод, багатий вуглецем і органічною речовиною, є перспективною сировиною для виробництва адсорбенту.

У Сінгапурі розроблена технологія виробництва адсорбенту з осадів муніципальних стічних вод. Висушений до 50 % осад піддають хімічній активації шляхом змішування з розчином хлориду цинку і залишають на 24 год. Потім суміш фільтрують і висушують в печі при температурі 108°C, після чого піддають піролізу при 650°C протягом трьох годин. Сорбуюча здатність одержаного адсорбенту складає 25 % здібності активованого вугілля, виготовленого промислово, але дозволяє достатньо ефективно видаляти неприємні запахи, маючи при цьому значно нижчу вартість. Окрім цього, приготовані з осадів муніципальних стічних вод адсорбенти застосовують для очищення органічних домішок.

Російські вчені розробили технологію виробництва активованого вугілля шляхом піролізу з осадів стічних вод. Висушений до вологості 5-10 % активний мул піддають термічному розкладанню до отримання карбонізованного залишку (напівкоксу), потім активують перегрітою водяною парою з температурою 700°C протягом 60 хв., при цьому видаляють вуглеводні та смолянисті речовини, а поверхня виходить більш розпушеною і пористою. З одного кілограма сухого активного мулу виходить біля 300 г активованого вугілля. Обробка вугілля 10 %-ним розчином соляної кислоти знижує зольність і різко збільшує пористість.

Одержане з активного мулу активоване вугілля успішно використовують як гемосорбент (сорбент для очищення крові). Із-за високого вмісту білкових речовин, мікроелементів, вітамінів і амінокислот активоване вугілля з осадів вигідно відрізняється від аналогічного вугілля, виготовленого з деревини, торфу, торф'яного напівкоксу, викопного вугілля, нафтових відходів, відходів целюлозно-паперової промисловості.

Можливо широке використання сухого активного мулу як сировини для фармацевтичної промисловості, де він може застосовуватися в технології біосинтезу біологічно активних речовин, при цьому активний мул здатний замінити гостродефіцитні й коштовні фармакологічні препарати.

У таблиці 11.3 приведені методи і об'єми утилізації осадів в різних європейських країнах.

Таблиця 11.3 – Методи і об'єми утилізації осадів в деяких європейських країнах

Країна	Методи утилізації %			
	у сільському господарстві	звалище	спалювання	інші
Австрія	13	56	31	–
Швейцарія	50	30	20	–
Німеччина	25	55	15	5
Данія	27	28	36	9
Швеція	15	70	–	15
Англія	53	16	7	24 (скидання в море)
Фінляндія	27	36	–	37

2 Напрями утилізації біогазу

В даний час більшого значення в Україні набувають питання економії матеріалів і паливно-енергетичних ресурсів, охорона навколишнього середовища. У цих умовах розвиток комунального господарства неможливий без освоєння нетрадиційних поновлюваних джерел енергії (НПДЕ). Переваги їх в тому, що вони невичерпні та екологічно чисті.

Світовий досвід використання технології анаеробної переробки осадів стічних вод та інших органічних відходів для одержання біогазу свідчить про рентабельність та перспективність її впровадження. Такі роботи входять до національних енергетичних програм більшості індустріально розвинених країн та тих, що розвиваються – США, Англії, Франції, Італії, Японії, Австрії, Швеції, Фінляндії, Канади, Індії, Китаю, Бразилії, а також ряду країн Південно-Східної Азії та Африки.

В процесі очищення стічних вод єдиними спорудами з позитивним енергетичним балансом є метантенки, в яких в результаті анаеробного зброджування осадів, отриманих при очищенні стічних вод, утворюється біогаз.

Для нормального функціонування біогазова установка повинна мати необхідні пристрої (рис. 11.2): ємкість гомогенізації, завантажувач сировини, реактор, мішалки, газгольдер, система змішування води і опалювання, газова система, насосна станція, сепаратор, прилади контролю, КВПіА з візуалізацією, система безпеки.

У таблиці 11.4 наведено фізичні властивості та склад біогазу, які свідчать про можливості його практичного використання. Теплотворна здатність біогазу та, відповідно, температура й межа займання визначаються переважно часткою CH_4 , оскільки незначні кількості H_2 та H_2S на ці показники практично не впливають. При вмісті в біогазі 60–65 % метану та 35–30 % діоксиду вуглецю його теплотворна здатність складає 5000–6000 ккал /м³.

З 1 м³ біогазу можливо одержати 1,6–2 кВтгод електроенергії та 1,6–2,85 кВтгод рекуперованої теплової енергії при використанні його в установках спільного вироблення електричної та теплової енергії, ~5,2 кВтгод

теплової енергії в котельнях або ~5,6 кВтгод теплової енергії в генераторах парогазової суміші.

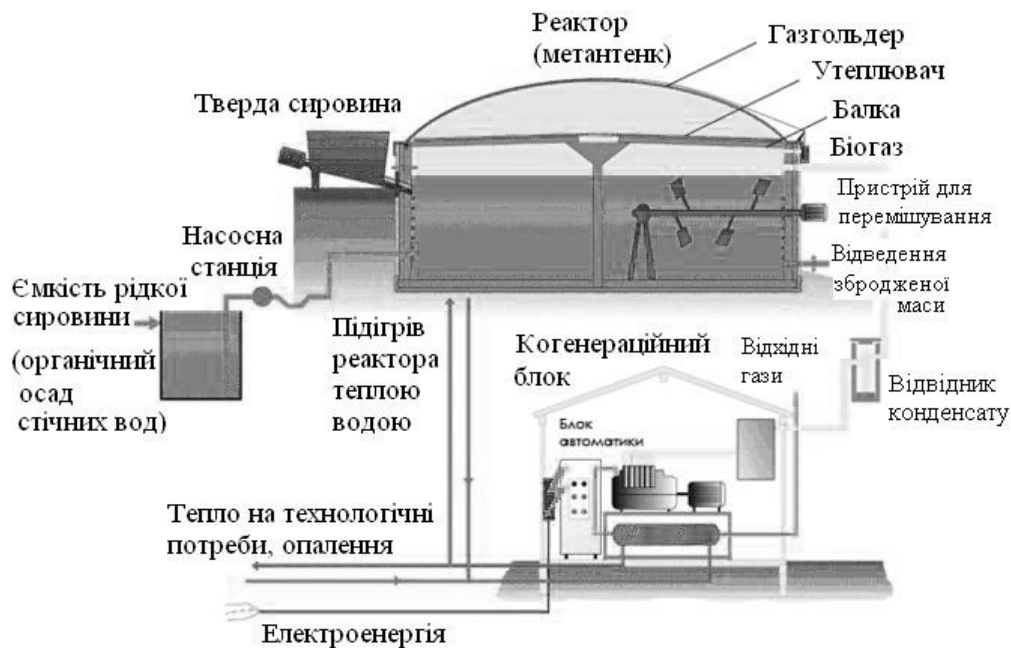


Рисунок 11.2 – Принципова схема дії біогазової установки

Таблиця 11.4 – Склад та характеристики біогазу

Характеристика	Основні компоненти біогазу				Біогаз (60 % CH ₄ та 40 % CO ₂)
	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	
Об'ємна частка, %	55–70	27–44	< 1	<3	100
Об'ємна теплота спалювання, МДж/м ³	35,8	–	10,8	22,8	21,5
Межа займання (вміст у повітрі), %	5–15	–	4-80	4-45	6–12
Температура займання, °С	650-750	–	585	–	650–750
Критичний тиск, МПа	4,7	7,5	1,3	8,9	7,5–8,9
Критична температура, °С	–82,5	31,0	–	100,0	–82,5
Нормальна щільність, г/л	0,72	1,98	0,09	1,54	1,2
Критична щільність, г/л	102	468	310	349	320
Щільність відносно повітря	0,55	2,5	0,67	1,2	0,83

Анаеробне зброджування осадів стічних вод з подальшим використанням утворюваного біогазу як енергетичного палива дозволять вирішити ряд важливих завдань як екологічного, так і енергетичного характеру:

- отримання стабілізованих незагниваючих осадів;
- використання біогазу для вироблення електричної і теплової енергії;

– зниження забруднення атмосфери метаном і ліквідація неприємних запахів, що виділяються при перегниванні осаdів, тобто запобігання забрудненню атмосфери газами бродіння, а енергія, що виробляється, дозволить замінити від 50 до 100 % споживаної енергії каналізаційними очисними спорудами.

Напря́м, що охоплює всі методи отримання і використання енергії і палива з органічної сировини (осаdів), отримав назву **біоенергетика**. Цей напрям приведе до значної економії традиційних видів палива. Не менш важливий і природоохоронний аспект, оскільки енергетична переробка органічних відходів значно зменшить забруднення навколишнього середовища.

Українським науково-дослідним інститутом прогресивних технологій в комунальному господарстві (м. Харків) проведено вивчення пріоритетних енергозберігаючих технологій та обладнання анаеробного зброджування осаdів стічних вод. Показано, що технологія утилізації біогазу з одержанням електроенергії та рекуперацією скидного тепла від двигун-генераторів і використання його для теплопостачання метантеків є оптимальною. Нижче приведені три найбільш перспективні технологічні схеми утилізації біогазу на очисних спорудах каналізації.

До складу *систем використання біогазу в котельнях*, як правило, повинні входити такі будівлі та споруди:

- газозбірний пункт метантеків, призначений для збирання та обліку біогазу, що виділяється у процесі анаеробного зброджування осаdів стічних вод в метантенках, а також для виділення з нього надмірної вологи;

- газгольдер з пунктом управління, призначений для забезпечення рівномірності надходження біогазу до споживачів та підтримання постійного тиску біогазу в газовій мережі;

- "газова свіча" з пунктом управління, призначена для спалювання надлишків біогазу у разі неможливості його використання або у разі аварійної ситуації у споживачів.

До складу *систем утилізації біогазу в газових двигунах внутрішнього згорання з електрогенераторами (двигун-генераторах)*, як правило, повинні входити такі будівлі та споруди:

- газозбірний пункт метантеків, призначений для збирання та обліку біогазу, що виділяється у процесі анаеробного зброджування осаdів стічних вод в метантенках, а також для виділення з нього надмірної вологи;

- газгольдер з пунктом управління, призначений для забезпечення рівномірності надходження біогазу до споживачів та для підтримання постійного тиску біогазу в газовій мережі;

- «газова свіча» з пунктом управління, призначена для спалювання надлишків біогазу у разі неможливості його використання або у разі аварійної ситуації у споживачів;

- компресорна установка для стиснення біогазу до тиску, який визначається вимогами до палива газових двигунів;

– установка очищення біогазу від сірководню, якщо його концентрація перевищує вимоги технічних умов;

– двигун-генераторна з установками для виробництва електроенергії і установками утилізації скидного тепла від газових двигунів та теплообмінників призначених для підігрівання осаду, що завантажується до метантенків.

Принципова технологічна схема з підготовки біогазу для заправлення балонів включає практично ті ж самі будівлі та споруди, що наведені на рис 2, з додатковим включенням установок для більш ретельного очищення біогазу від вологи, сірководню, диоксиду вуглецю та стиснення його до величини 22–25 МПа для заправлення його в балони.

Таким чином, аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду свідчить про доцільність впровадження енергозберігаючих технологій і обладнання анаеробного зброджування осадів стічних вод та утилізації біогазу на комунальних очисних спорудах. Оптимальною є технологія утилізації біогазу з одержанням електроенергії та рекуперацією скидного тепла від двигун-генераторів і використання його для теплопостачання метантенків.

3 Технологічні схеми утилізації біогазу

Для ефективного вирішення проблеми обробки осадів ТОВ «УкркоммунНДІпрогрес» (м. Харків) розроблений проект, метою якого є зниження негативного впливу осадів стічних вод на навколишнє середовище, удосконалення їх транспортування, зневоднення і утилізації; створення самоокупної, екологічної і енергозберігаючої технології.

Реалізація проекту передбачається шляхом створення комплексу споруд обробки осадів стічних вод, що включає їх анаеробне зброджування в метантенках, використання біогазу для отримання електроенергії в генераторах двигуна з рекуперацією скидного тепла для підігріву осадів і механічне зневоднення всього об'єму осадів з використанням флокулянтів.

Принципова технологічна схема утилізації біогазу приведена на рисунку 11.3.

Комплекс споруд включає:

I – споруди для забезпечення стабільності процесу зброджування осадів в метантенках;

II – споруди для зброджування осадів і отримання біогазу;

III – споруди з утилізації біогазу з отриманням електроенергії;

IV – споруди для утилізації вторинного тепла для підігріву осадів.

Для скорочення витрат тепла на підігрів осаду і підтримки заданої температури зброджування, а також зменшення можливості утворення корки в метантенках пропонується видаляти грубодисперсні включення з рідких осадів стічних вод шляхом введення в схему подачі осадів у метантенки проціджувачів.

Грубодисперсні включення, зняті з барабана проціджувача, потрапляють в завантажувальний бункер пристрою віджимання вільної вологи. Вологість

віджатих включень – 60 %. Далі їх збирають в контейнери і вивозять за межі станції; проціджений осад подають в метантенки.

При зброджуванні розпад органічної речовини осадів складає 43-53 %, відповідно зменшується кількість сухої речовини і підвищується вологість осадів. Склад біогазу, що утворюється: метан – 60–70 %, вуглекислий газ – 16–34 %, азот – до 3 %, водень – до 3 %, кисень – 0,4 %, оксид вуглецю – 2–4 %.

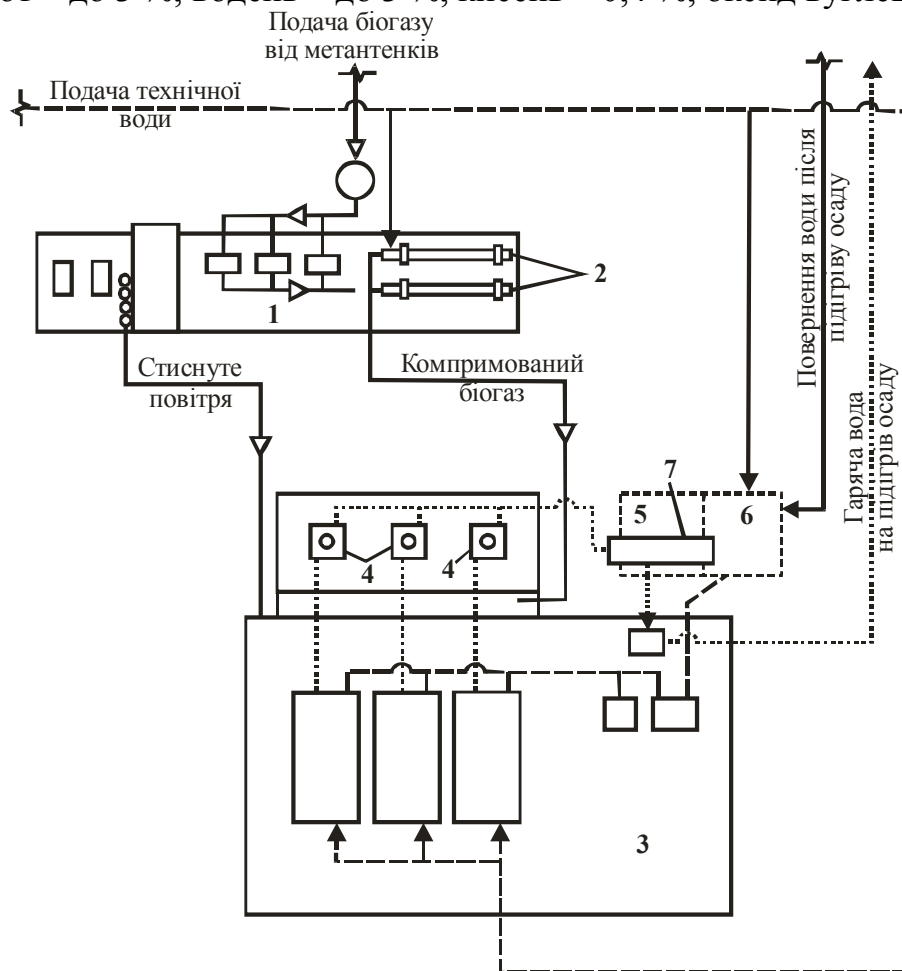


Рисунок 11.3 – Технологічна схема утилізації біогазу:

- 1 – компресорна; 2 – теплообмінники охолодження біогазу;
- 3 – будівля двигунів-генераторів; 4 – теплообмінники киплячого шару;
- 5 – резервуар аварійного зливу масла; 6 – резервуар вихідної води;
- 7 – резервуар гарячої води

Вихід газу на 1 м³ завантаженої суміші осадів і мулу складає в середньому 12 м³. Кількість газу, що виходить при зброджуванні осадів, залежить від його складу і на різних очисних спорудах коливається в значних межах.

Теплотворна здатність і кількість біогазу залежить від його складу, тобто від вмісту основного компоненту – метану і складає 5000–6000 ккал/м³. З 1 м³ біогазу можна одержати до 2 кВтгод. електроенергії і до 6 кВтгод. теплової енергії в опалювально-виробничих котельнях.

Таким чином, область можливого використання біогазу величезна:

1. Газ метан може використовуватися як пальне для котельних (замінює природний газ або тверде пальне – вугілля).

2. Можливе застосування біогазу в двигунах-генераторах для отримання електричної енергії.

3. Може використовуватися як моторне пальне в автомобілях, обладнаних газопаливними системами.

4. Тепло, одержане від спалювання біогазу, може бути використано для нагріву осаду, що подається в метантанки, а також для сушки або спалювання осаду.

Для підтримки необхідного режиму зброджування передбачається рівномірне завантаження осаду в метантенки протягом доби, обігрів їх гострою парою, що випускається через ежекторні пристрої.

Технологічна схема використання біогазу включає отримання електричної і теплової енергії з використанням вітчизняного устаткування і вторинного тепла відпрацьованих газів і охолоджуючих середовищ двигуна.

Біогаз з пункту управління газгольдерами прямує в приміщення компресорної, де тиск біогазу підвищується до 5 кгс/см^2 . В результаті компримування біогазу його температура збільшується до 100°C . Оскільки температура біогазу на вході в електроагрегат не повинна бути вище за 25°C , то після компресорів передбачена установка для охолодження біогазу, що складається з теплообмінників. З них охолоджений компримований біогаз подають в двигун-генератор, який виробляє трифазний струм напругою 6,3 кВ, частотою 50 Гц, потужністю не менше 1000 кВт, який подають через розподільний пристрій 6,3 кВ споживачам електроенергії станції біологічного очищення.

Утилізацію скидного тепла електроагрегату здійснюють таким чином. Воду після охолодження двигуна догрівають в теплообмінниках «КС» вихлопними газами, що відходять від двигуна, і подають в теплообмінники, де відбувається підігрів осаду, який завантажують в метантенки. Охолоджену в цих теплообмінниках воду повертають в систему двигуна.

Теплообмінники «КС» встановлені поблизу глушника випуску вихлопних газів двигуна. У теплообмінники «КС» подають вода з системи охолодження двигуна з температурою $58,5^\circ\text{C}$, а відводять від теплообмінників з температурою $65,5^\circ\text{C}$ і насосами подають в теплообмінники для підігріву осаду, який подають в метантенки, до температури 44°C .

До теплообмінників «КС» підводять вихлопні гази температурою 300°C . Охолоджені вихлопні гази (120°C) виводять в атмосферу через глушник вихлопу.

Теплообмінники для підігріву осаду і насоси безперервного завантаження осаду в метантенки повинні бути встановлені поблизу існуючих метантенків.

Таким чином, анаеробне зброджування осадів міських стічних вод з подальшим використанням утворюваного біогазу, в якості моторного пального для генераторів двигуна дозволить вирішити комплекс найважливіших завдань, а саме:

– *технологічних*, що забезпечують отримання стабілізованого незагниваючого осаду;

– *енергетичних*, що дають можливість компенсувати значну частину електричної і теплової енергії, яку витрачають на роботу повітродувних машин і технологічний нагрів осаду, який подають на зброджування в метантенки;

– *екологічних*, що знижують забруднення атмосфери метаном і ліквідують смердючі запахи, які виділяються при перегниванні нестабілізованих осадів стічних вод.

Важливою перевагою такої технології є також можливість забезпечення автономним енергозабезпеченням станцій біологічного очищення при аварійних режимах в енергомережах.

Таким чином, запропонований комплекс споруд з отримання і утилізації біогазу метантенків дозволяє вирішити проблему зниження енерговитрат при очищенні стічних вод за рахунок використання постійно поновлюваних нетрадиційних джерел енергії.

Контрольні питання

1. Назвіть основні напрями утилізації осадів стічних вод.
2. Як можна використовувати оброблені осаді стічних вод у сільському господарстві?
3. Які цінні продукти можна регенерувати з оброблених осадів стічних вод?
4. Які є технології використання перероблених осадів стічних вод при виробництві будівельних матеріалів?
5. Опишіть схему виробництва біоцементу.
6. Як пропонують реалізовувати виробництво адсорбентів з осадів муніципальних стічних вод?
7. Охарактеризуйте схему отримання активованого вугілля з активного мулу методом пароліза.
8. Дайте характеристику фізичним властивостям та складу біогазу, утворюваному при анаеробному збродженні осадів стічних вод.
9. Які основні напрями утилізації біогазу?
10. Які необхідні пристрої повинна мати біогазова установка для нормального функціонування?
11. Що таке «біоенергетика»?
12. Які основні будівлі та споруди повинні входити до складу систем використання біогазу в котельнях?
13. Які основні будівлі та споруди повинні входити до складу систем утилізації біогазу в газових двигунах внутрішнього згоряння з електрогенераторами (двигун-генераторах)?
14. Опишіть схему з підготовки біогазу для заправлення балонів.
15. Від чого залежить теплотворна здатність і кількість біогазу?
16. Які завдання дозволяє вирішити використання біогазу?

Тема 12 Технологія обробки осадів водопровідних очисних станцій

1. Класифікація джерел водопостачання за характером осадоутворення.
2. Технологія обробки осадів.
3. Утилізація осадів.

Технологічними схемами роботи очисних споруд водопровідних станцій передбачена витрата води на власні потреби в кількості від 10 до 14 % добової продуктивності станції. Ця кількість у вигляді промивних вод фільтрів або контактних освітлювачів (до 90 % води, використовуваної на власні потреби станцій), а також осади, утворювані при очищенні води, скидають у водойми, що завдає відчутної шкоди навколишньому середовищу. Крім того, цінні компоненти, що викидають з осадом, могли б використовуватися в народному господарстві, оскільки вони містять велику кількість органіки й елементів мінерального походження.

Рядом дослідників, зокрема інститутом «УкркомунНДІпрогрес» (м. Харків), після проведення комплексу досліджень щодо обороту промивних вод фільтрів і підготовки осадів до використання в різних областях народного господарства, розроблена безстічна схема водопровідних очисних споруд. **Безстічною** називають таку схему водоочистки, при якій об'єм стоків або «хвостів», що скидають з основної технологічної схеми, зведений до нуля, або до таких величин, облік яких не проводять зважаючи на їх незначність.

За цією схемою промивні води фільтрів через піскоуловлювачі, резервуари-накопичувачі повертають в голову очисних споруд, а осад ущільнюють, обробляють флокулянтном і зневоднюють на фільтр-пресах. Фільтрат, що утворився в результаті зневоднення осадів, спрямовують до резервуара-накопичувача і спільно з промивними водами фільтрів подають також в голову очисних споруд. Зневоднений осад (кек) можна використовувати як компонент сировинної суміші для виробництва червоної цеглини замість глини або як добрива в лісових розплідниках і лісопосадках з метою підвищення родючості ґрунту. Таким чином, скидання у водоймища не проводять, що сприяє охороні навколишнього середовища.

При цьому збільшується навантаження на очисні споруди в середньому на 6–9 % (з них промивна вода 5,5–8 %, декантат 0,5–1 % і фільтрат 0,1–0,2 %), що цілком прийнятно для ефективної їх роботи, оскільки при ступінчастій роботі насосів насосної станції 1 підйому коливання витрат води досягає 15 % і вище. Збільшення «грязьового» навантаження на очисні споруди при поверненні промивної води складає 1-2 %, що також цілком допустимо. Таким чином, оборот промивних стоків не викликає погіршення роботи станції в цілому і дозволяє заощадити значні кількості води, що витрачають на власні потреби.

1 Класифікація джерел водопостачання за характером осадоутворення

При двоступінчастій схемі очищення осади утворюються або в горизонтальних, або у вертикальних відстійниках і в освітлювачах із завислим осадом (в осадоущільнювачах). Якщо застосовують одноступінчасту схему очищення, осади утворюються при відстоюванні промивних вод контактних освітлювачів, швидких двопотокових фільтрів, префільтрів та ін. Способи обробки осадів з метою їх зневоднення різні та залежать як від якості води у вододжерелі, так і від схеми очищення води і типу та доз вживаних реагентів.

В Україні на переважній більшості очисних водопровідних станцій прийнята двоступінчаста схема очищення води з горизонтальними відстійниками й швидкими фільтрами, а як коагулянт застосовують сірчаноокислий алюміній $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

За класифікацією домішок у воді, запропонованою акад. Л.А.Кульським і прийнятою повсюдно в даний час, більшість водопровідних станцій очищають воду від завислих домішок I і II дисперсних груп: грубодисперсного і колоїдного ступеня дисперсності.

Основним технологічним показником водопровідних осадів, що визначає вибір способу їх обробки, є їх водовіддаюча здатність, яку характеризують питомим опором фільтрації. Цей показник служить основним критерієм при класифікації осадів за характерними групами вододжерел з метою визначення способів їх підготовки і зневоднення. У таблиці 12.1 представлені дані про якісні показники осадів 16 водопровідних станцій України за характерними групами вододжерел та їх фізико-хімічний склад.

2 Технологія обробки осадів

Для обробки та механічного зневоднення осадів *1 групи* вибрана безстічна технологічна схема, приведена на рисунку 12.1.

Осад, що затримують на водопровідній станції, з вихідною вологістю 99,0–99,5 % спрямовують до вертикального мулозгущувача, в якому ущільнюють 24 години з добавкою вапна в кількості 20 % від ваги сухої речовини осаду, або 20 % глини – в період цвітіння води. Вологість ущільненого осаду – 96–98 %.

Ущільнений осад спрямовують до резервуару готового осаду перед мехзневодненням. Для мехзневоднення додається вапно в кількості 20 % від ваги сухої речовини осаду. При додаванні глини на ущільнення перед мехзневодненням осад нагрівають до 70–80°C. Осад зневоднюють на фільтр-пресах, тривалість фільтроциклу 15–17 хв. Кількість фільтр-пресів вибирають залежно від добової кількості осаду за сухою речовиною.

Далі зневоднений осад утилізують.

Для обробки осадів *2 групи* вододжерел запропонована безстічна технологічна схема, приведена на рисунку 12.2.

Таблиця 12.1 – Класифікація осадів, що утворюються на водопровідних станціях, за групами вододжерел

Характеристика вододжерела		Характеристика осадів						
Класифікація вододжерела	Назва вододжерела	Дисперсність		Вміст органічних речовин, %	Вміст колоїдних гідроксидів, %	Рекомендована технологія обробки осадів		Питомий опір фільтрації, $\cdot 10^{10}$ см/г
		більше 10 мкм	менше 10 мкм			підготовки	зневоднення	
1 група малокаламутні (до 50 мг/дм ³), середньокольорові (35-120 град.)	р. Дніпро м. Київ (Київське водосховище)	25-30	70-75	58-60	40-45	Ущільнення з добавками мінеральних присадок (глин)	На фільтр-пресах з попередньою термообробкою (70-80°C)	840-1410
	м. Кам'янськ (Дніпродзержинське водосх.)	40-45	55-60	60-63	20-25	Ущільнення з добавкою вапна	На фільтр-пресах з добавкою вапна	1280-1620
	м. Запоріжжя (оз. ім. Леніна)	25-30	70-75	55-60	30-35	Ущільнення з добавкою глини або вапна	На фільтр-пресах з добавкою вапна або з нагрівом	800-1600
2 група малокаламутні (до 50 мг/дм ³), малокольорові (до 35 град.)	р. Південний Буг м. Вінниця	45-50	50-55	35-40	10-12	Ущільнення з добавкою вапна	На фільтр-пресах з добавкою вапна	840-890
	р. Тетерів м. Житомир	50-52	45-55	35-41	11-14	Ущільнення з добавкою вапна	теж	450-580

Характеристика вододжерела		Характеристика осадів						
класифікація вододжерела	назва вододжерела	Дисперсність		Вміст органічних речовин, %	Вміст колоїдних гідроксидів, %	Рекомендована технологія обробки осадів		Питомий опір фільтрації, 10^{10} см/г
		більше 10 мкм	менше 10 мкм			підготовки	зневоднення	
	р. Дніпро м. Черкаси (Кременчуцьке водосх.)	50-55	40-55	40-55	22-26	Ущільнення з добавкою вапна	На фільтр-пресах з добавкою вапна	470-550
	м. Світловодськ (Кременчуцьке водосх.)	48-50	38-44	47-52	16-18	Гравітаційне ущільнення	На фільтр-пресах з добавкою вапна	280-320
3 група середньої каламутності (50-250 мг/дм ³), малокольорові (до 35 град.)	р. Сів. Донець м. Харків	60-65	35-40	16-30	1-5	Гравітаційне ущільнення	На фільтр-пресах з добавкою вапна або вторинних відходів хімовиробництв	100-180
	р. Дісна м. Київ	57-65	38-40	13-20	3-6	Гравітаційне ущільнення	На фільтр-пресах з добавкою вапна або вторинних відходів хімовиробництв	160-270
	р. Рось р. Біла Церква	55-60	40-45	15-22	2-5	Ущільнення глиною	На вакуум-фільтрах або фільтр-пресах	130-230

Характеристика вододжерела		Характеристика осадів						
класифікація вододжерела	назва вододжерела	Дисперсність		Вміст органічних речовин, %	Вміст колоїдних гідроксидів, %	Рекомендована технологія обробки осадів		Питомий опір фільтрації, 10^{10} см/г
		більше 10 мкм	менше 10 мкм			підготовки	зневоднення	
4 група каламутні (понад 250 мг/дм ³), малокольорові (до 35 град.)	р. Дністер	70-75	25-35	5-10	< 1	Гравітаційне ущільнення	На вакуум-фільтрах або фільтр-пресах з добавкою вторинних реагентів	8-100
	м. Кишинів	60-70	30-35	4-7	сліди	Гравітаційне ущільнення	теж	3-100
	м. Чернівці	70-75	25-35	1-2	сліди	Гравітаційне ущільнення	теж	35-80
	р. Прут р. Унгени	70-75	25-30	6-11	1-3	Гравітаційне ущільнення	теж	60-70
	р. Альма, Салпер м. Ялта, Феодосія (Счастлівінське водосх.)	70-80	25-30	10-12	1-5	Гравітаційне ущільнення	теж	90-150
	р. Чорний м. Севастопіль (гірські річки Криму)	60-65	30-35	5-9	1,5-2	Гравітаційне ущільнення	теж	40-96

Осад, що затримують у горизонтальних відстійниках з вологістю 99,2–99,5 %, подають до мулозгущувачів, де ущільнюють з добавкою вапна в кількості 10 % від ваги сухої речовини осаду протягом 24 годин або з добавкою 10 % глини в період максимального цвітіння води. Вологість ущільненого осаду – 95–97 %. Кількість фільтр-пресів для механічного зневоднення осаду визначають залежно від об'єму осаду за сухою речовиною.

Зневоднений осад спрямовують для подальшої утилізації.

Осади **3 групи** вододжерел (зокрема осади Кочетокської водопровідної станції м. Харкова), що мають початкову вологість 97,5–98 %, ущільнюють без внесення добавок протягом 18–24 годин до вологості 92,0–94,0 % (рисунок 12.3). Осад з мулозгущувача через бак готового осаду подають на мехзневоднення. При мехзневодненні здійснюють кондиціювання осадів вапном дозою 10–20 %. При цьому продуктивність фільтр-пресів перевищує 20 кг/м² год.

Кількість фільтр-пресів визначають залежно від об'єму осаду за сухою речовиною.

Осади **4 групи** (рисунок 12.4) з вихідною вологістю 96–97,5 % ущільнюють практично відразу, тобто за 8–12 годин до вологості 85–92 % в резервуарі-ущільнювачі. Хоча ущільнення осаду досягають за такий короткий час без застосування реагентних добавок, надмулова вода має високий вміст суспензії.

Для отримання більшого освітлення надмулової води проводять добавку вапна при ущільненні в резервуарі-ущільнювачі дозою 2,5 % за сухою речовиною у вигляді 10 %-ної суспензії. Для цієї групи осадів добавка вапна незначна (до 6 %).

Далі ущільнений осад з вологістю 85–92 % подають на мехзневоднення, яке проводять на фільтр-пресах. Після зневоднення осад утилізують.

Для осадів 3 і 4 груп вододжерел можлива заміна вапна на вапновміщуючі відходи хімічного виробництва із вмістом вапна 35–50 %. Дія відходів хімічного виробництва порівняна з дією товарного вапна. Величина продуктивності фільтр-пресу при дозі добавки 35 % складає 9–10 кг/м² год., що дає підставу судити про можливу взаємозамінюваність відходів.

3 Утилізація осадів

Розроблені безстічні схеми роботи очисних споруд водопровідних станцій, що запобігають скиданню всіх «хвостових» вод і осадів в навколишнє середовище, здійснюють завдання створення безвідходних технологій.

Осади, що виходять при зневодненні, на водопровідних станціях можуть накопичуватися в значних кількостях. Зберігання таких кількостей осадів та їх складування, вивіз у відвали також забруднює навколишнє середовище і вимагає відчуження частини земель.

Разом з тим, осади, що накопичуються на станціях, є складною органо-мінеральною сумішшю, містять ряд цінних елементів, яких потребують різні галузі народного господарства.

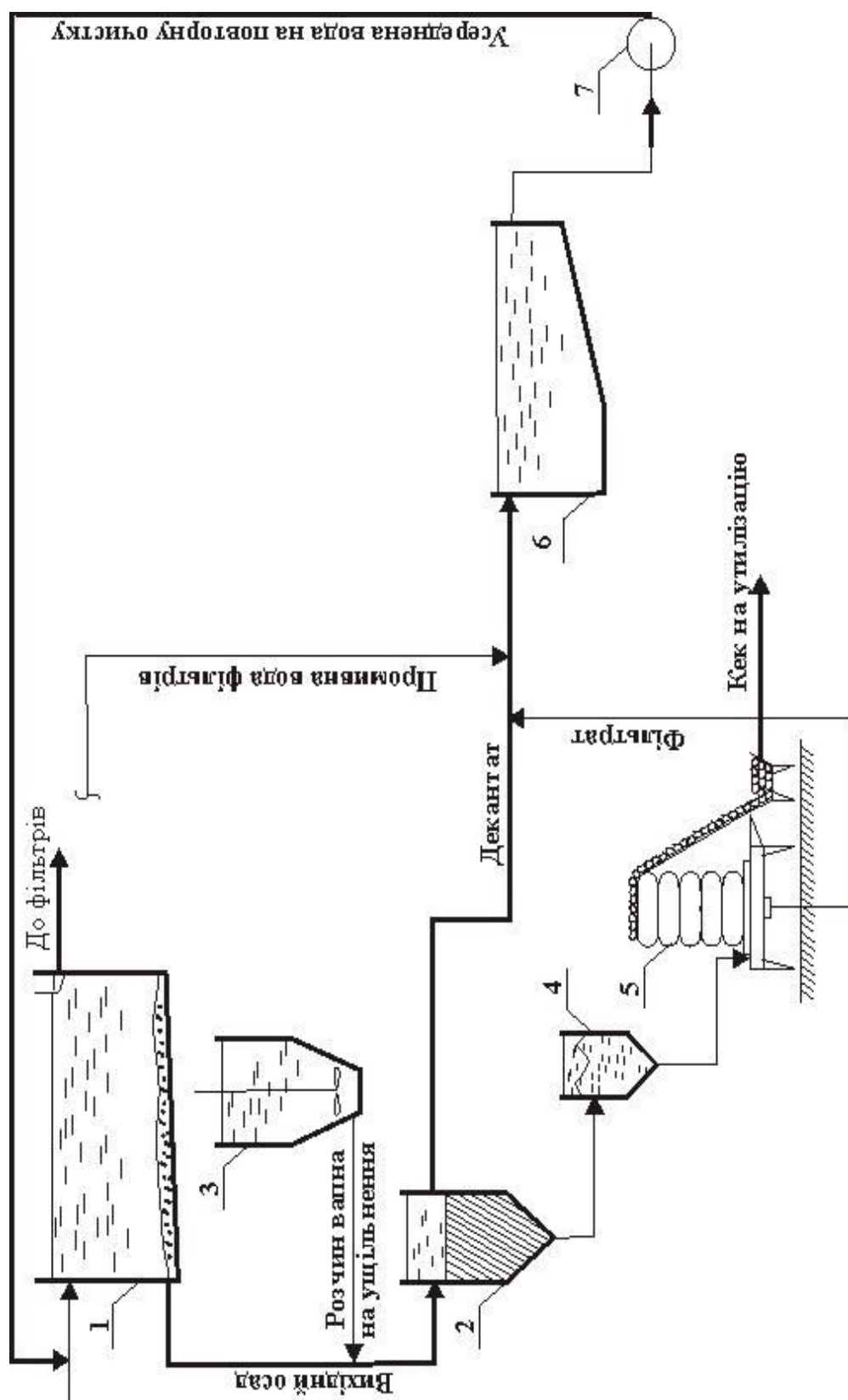


Рисунок 12.2 – Рекомендована схема обробки осадів 2 групи вододжерел:

- 1 – горизонтальний відстійник; 2 – осадкоущільнювач; 3 – ємкості для приготування вапняного молока;
 4 – накопичувач ущільненого осаду; 5 – фільтр-прес; 6 – резервуар-усереднювач промивної води;
 7 – насос перекачування усередненої води

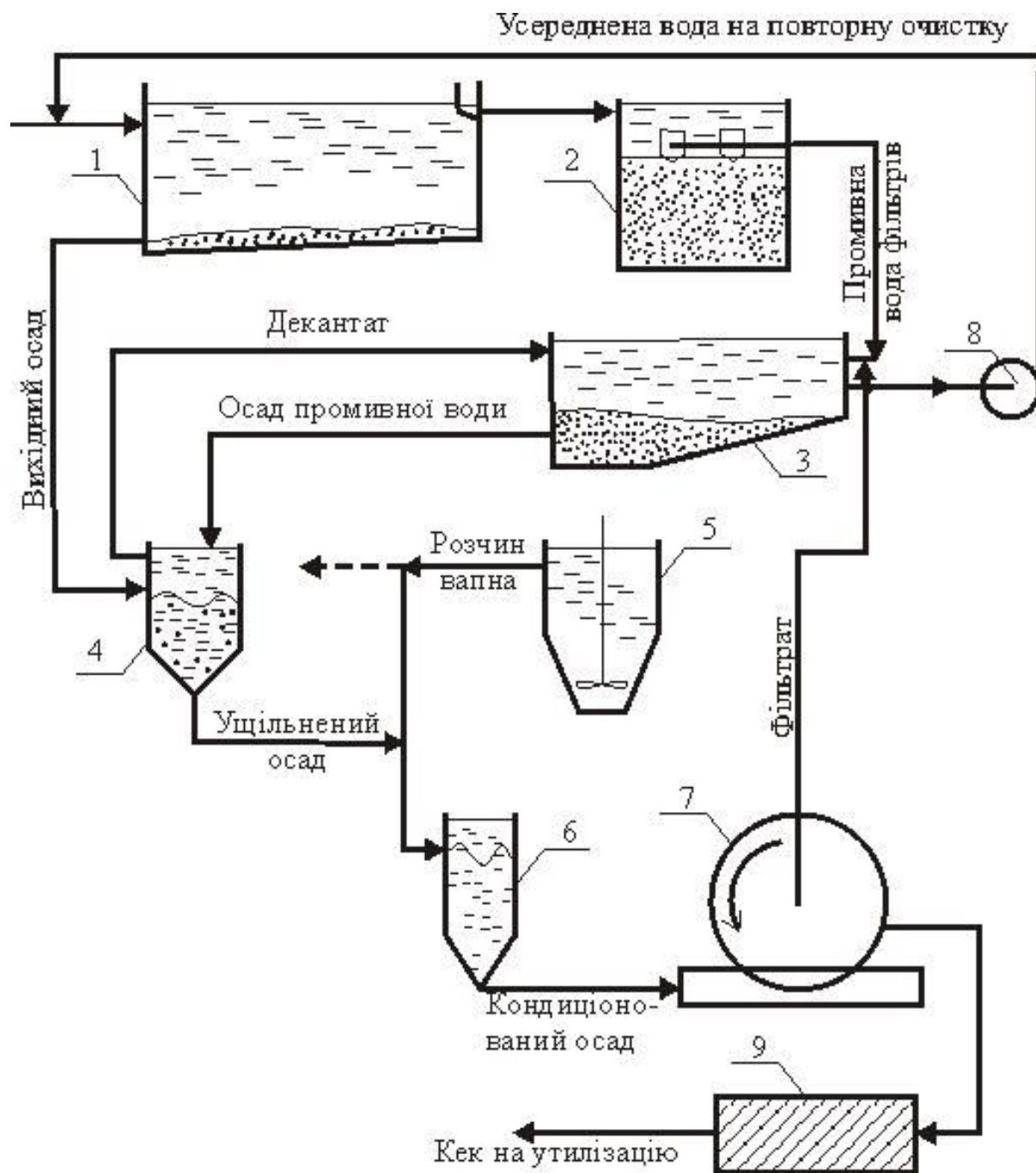


Рисунок 12.3 – Рекомендована схема обробки осадів 3 групи вододжерел:
 1 – горизонтальний відстійник; 2 – швидкий фільтр; 3 – резервуар-усереднювач промивної води; 4 – осадоущільнювач; 5 – ємкості для приготування вапняного молока; 6 – накопичувач ущільненого осаду; 7 – вакуум-фільтр; 8 – насос перекачування усередненої води; 9 – складування кека

На підставі проведених інститутом «УкркомунНДІпроект» в співдружності з рядом інститутів і організацій м. Харкова досліджень встановлена можливість і практична доцільність утилізації осадів. При рішенні питання про шляхи переробки та утилізації осаду кожної водопровідної станції велике значення мають його хіміко-мінералогічний склад і фізико-хімічні властивості.

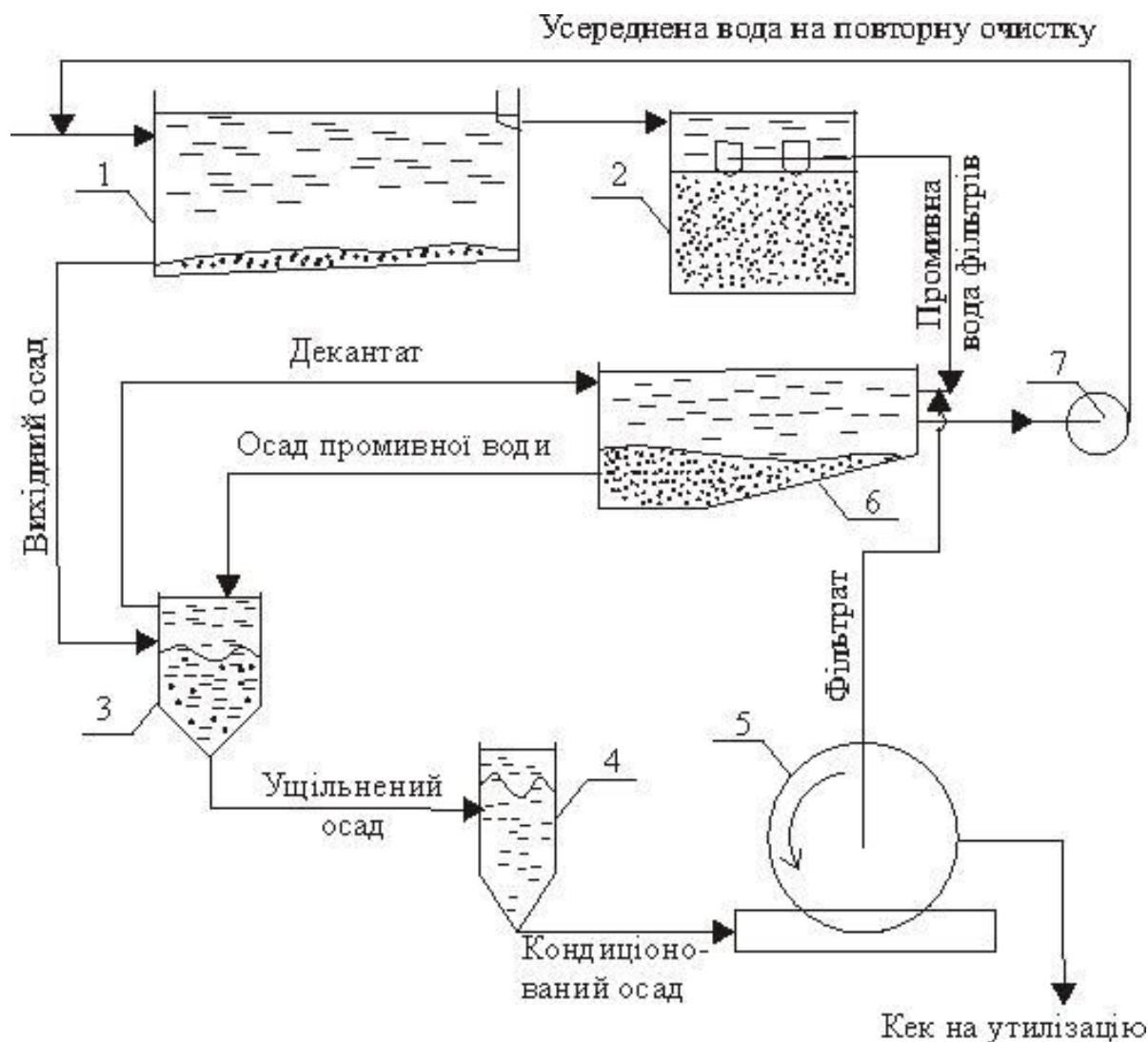


Рисунок 12.4 – Рекомендована схема обробки осадів 4 групи вододжерел:
 1 – горизонтальний відстійник; 2 – швидкий фільтр; 3 – осадоущільнювач;
 4 – накопичувач ущільненого осаду; 5 – вакуум-фільтр; 6 – резервуар-усереднювач; 7 – насос перекачування усередненої води

Переважаючими мінеральними складовими більшості осадів вод середньої каламутності є глинисті мінерали – каолінит і монтморилоніт, в меншій кількості присутні гелевидні гідроксиди алюмінію, кремнію, заліза, а також гідрослюди, кварц і органічні включення. У ряді випадків осади малокаламутних високозабарвлених вод представлені в основному органічними речовинами.

Залежно від переважаючого складу і властивостей осаду тієї або іншої станції можуть бути вибрані різні шляхи їх утилізації.

Типові осади, ідентичні за складом природній глинистій або лесовидній сировині, доцільно використовувати як керамічну сировину, компоненти при виробництві різних будівельних матеріалів: цементів, бетонів, захисних покриттів та ін.

Осади з високим вмістом органічних складових, утворених при очищенні висококольорових малокаламутних вод, можна застосовувати в сільському господарстві як добрива і меліоранти, для отримання пористих заповнювачів і фільтруючих матеріалів.

Нижче приведені основні напрями утилізації осадів водопровідних очисних станцій, розроблені в інституті «УкркоммунНДПроект» (м. Харків).

У цементній промисловості

В результаті випуску партії портландцементів на заводі інституту «Южгіпроцемент» встановлена можливість утилізації зневодненого осаду у складі цементних сировинних сумішей замість глинистого компоненту від 3 до 10 %. Введення осаду в сировинну суміш збільшує вміст в клінкері трьохкальцієвого алюмінату, підвищуючи міцність цементу на 30-50 кгс/см².

У металургії

На заводі «Азовсталь» проведені промислові експерименти із захисту футерування прибуткових надставок покриттям з осаду водопровідних станцій. Встановлено підвищення стійкості футерування на 20 % при збереженні жаростійких протипригарних властивостей.

У промисловості будівельних матеріалів

Використання водопровідного осаду як опудрювача гранул при виробництві керамзиту дозволить підвищити якість і збільшити його випуск при тій же витраті сировини замість дорогих високовогнетривких опудрювачів (глинозему).

У сільському господарстві

До складу водопровідних осадів, що утворюються на очисних спорудах ряду станцій, входять сполуки азоту, фосфору, калію в досяжних для рослин формах. Це пояснюється тим, що в період дощів і паводків в річки з полів потрапляють змиті органо-мінеральні добрива, які затримують потім на очисних спорудах, адсорбовані осадами. Внесення водопровідних осадів до ґрунту в рідкому або сухому вигляді як добрив під посіви різних сільськогосподарських культур (кукурудзи, цукрового буряка, люцерни та ін.) сприяє підвищенню їх врожайності. Нешкідливість внесення осадів пояснюється відсутністю солей важких металів.

Осад може бути використаний на самій водопровідній станції з метою інтенсифікації процесу утворення пластівців і економії коагулянта. Так, на Дніпровському водопроводі м. Києва встановили, що доцільно додавати осад до початкової води в дозах 20–40 мг/дм³, а на Володимирському водопроводі – в дозах 150–200 мг/дм³, що дає економію до 30 % коагулянта Al₂(SO₄)₃.

При *регенерації коагулянтів з осадів* водопровідних станцій вирішують одночасно проблему скорочення об'ємів осаду і коагулянта, що витрачають в процесі очищення води. Метод заснований на розчиненні продуктів гідролізу коагулянтів в кислотах, лугах або інших розчинниках. Регенерований коагулянт складається в основному з розчинного у воді сірчаноокислого алюмінію, незначної кількості сульфату заліза та інших сполук. Цим способом вдається

повернути у виробництво до 80 % відпрацьованого коагулянта і понизити об'єм осаду в 5-20 разів.

Відома кислотна обробка осадів з метою регенерації з нього коагулянта на водопровідній станції Орлі (Франція). За аналогічними схемами працюють з 1986 р. установки регенерації коагулянта на водопровідній станції м. Осака (Японія), в США, Великобританії та інших країнах. При кислотній обробці доза соляної кислоти складає 0,7–1,05 кг/кг сухої речовини осаду, а сірчаної кислоти – 0,5–0,9 кг/кг осаду, що потребує влаштування складного реагентного господарства із шкідливими умовами праці, підвищення собівартості очищення води і екологічне забруднення вододжерел при скиданні частково нейтралізованої води.

Регенерація коагулянта з осадів водопровідних станцій лугами має обмежене застосування, оскільки якщо при регенерації сірчаною кислотою кількість гідроокису алюмінію, яке вдається перевести в розчин при обробці осаду, досягає 75 %, то найбільший ефект регенерації за допомогою надлишку розчину вапна складає 45–60 %. Проте цей метод має і переваги: чистота реагенту і простота зневоднення осадів, утворюваних після процесу відновлення коагулянта.

Із-за високої вартості не вийшов за межі лабораторних досліджень метод регенерації осаду водопровідних станцій газоподібним хлором. Про його технологічну і економічну доцільність свідчить можливість 90–95 %-го витягання регенованого коагулянта, що має властивості свіжоприготованого коагулянта сірчаноокислого алюмінію. Також при цьому немає необхідності попереднього хлорування.

Проводяться дослідження ефективності *передачі осадів водопровідних станцій на обробку спільно з осадами міських стічних вод*. При цьому розглядають варіанти:

- скидання осадів станцій очищення питних вод в міську каналізаційну мережу;
- перекачування їх на станцію очищення міських стічних вод;
- транспортування автотранспортом на установки для зневоднення і сушки осадів міських стічних вод.

Можливість застосування даного методу підтверджується наступним: початкова вологість водопровідних осадів складає 97,0–99,5 %, а осадів міських стічних вод – 93,0–99,0 %; втрати при прожаренні відповідно 25–50 % і 20–60 %; питомий опір фільтрації відповідно $(1,45–14,5) \cdot 10^4$ м/кг і $(0,6–10) \cdot 10^4$ м/кг, що свідчить про ідентичність основних фізико-хімічних характеристик водопровідних осадів і осадів міських стічних вод.

Основним завданням, що стоїть перед фахівцями, є зниження вологості осадів до значень, що забезпечують їх транспортування і подальшу утилізацію. Обидві категорії осадів характеризуються високим ступенем гідрофільності, вода в них знаходиться в зв'язаному і вільному станах.

Для обробки водопровідних осадів і осадів міських стічних вод застосовують відомі методи: обробка реагентами (коагулянти, флокулянти),

механічне зневоднення (центрифуги, вакуум-фільтри, фільтр-преси, стрічкові преси), термічна дія, заморожування-відтавання, природна сушка.

Водопровідні осади практично повністю осідають в первинних відстійниках каналізаційних очисних споруд, підвищуючи зольність осадів міських стічних вод. При цьому, у разі використання водопровідних осадів, утворюваних при очищенні малокаламутних малозабарвлених вод, якість очищених стічних вод (за основними показниками) залишається без змін. У разі використання водопровідних осадів, утворюваних при очищенні води середньої каламутності і середньої забарвленості, збільшується ефективність очищення стічних вод від фосфатів на 35–55 %, декілька зростає ступінь видалення колоїдних і розчинених органічних забруднень. Водопровідні осади практично не впливають на концентрацію іонів важких металів, що містяться в каналізаційних осадах.

Скидання водопровідного осаду на очисні споруди каналізації повинне супроводжуватися перевіркою пропускної спроможності каналізаційних мереж і споруд на них. Крім того, слід передбачити безперервне видалення водопровідного осаду з відстійників і резервуарів-усереднювачів (для рівномірного скидання осаду протягом доби на каналізаційні очисні споруди) або регулювати їх поєднання. У всіх випадках необхідно прагнути до ідеальних умов подачі водопровідного осаду на очисні споруди каналізації, тобто підтримці постійної, середньої розрахункової дози водопровідного осаду в мг маси сухої речовини на 1 л стічних вод з урахуванням нерівномірності їх притоку.

При проходженні водопровідного осаду каналізаційними мережами він не осідає в трубопроводах, якщо швидкість руху стічних вод дорівнює або вища самоочищуваної. Також відомо, що додавання водопровідного осаду до 100 мг/дм^3 не вимагає змін або доповнень в схемі механічного або біологічного очищення стічних вод для таких споруд, як приймальна камера, решітки, піскоуловлювачі, первинні й вторинні відстійники, контактні резервуари.

На доцільність сумісної або роздільної обробки водопровідних осадів істотно впливає розміщення споруд з обробки водопровідних осадів і осадів міських стічних вод в масштабі міста з урахуванням об'ємів споруд, експлуатаційного персоналу, енерговитрат та інших статей витрат.

Остаточне рішення щодо вибору методів обробки водопровідних осадів або сумісної їх обробки з осадами міських стічних вод для конкретних умов ухвалюється тільки з урахуванням техніко-економічного порівняння варіантів за приведеними витратами.

З метою впровадження розроблених методів утилізації необхідно прискорити будівництво цехів механічного зневоднення осадів. Утилізація водопровідних осадів доповнює безстічну схему роботи очисних споруд, дозволяє запобігти їх скиданню в яри та водойми, сприяє збереженню навколишнього середовища, забезпечує отримання значного народногосподарського ефекту.

Контрольні питання

1. Яку схему водоочистки називають безстічною?
2. Опишіть принципову безстічну схему водоочистки.
3. Які переваги має оборот промивних стоків?
4. Дайте класифікацію джерел водопостачання за характером осадоутворення.
5. Охарактеризуйте осади за характерними групами вододжерел України.
6. Опишіть методи обробки та мехзневоднення осадів 1 групи.
7. Опишіть методи обробки та мехзневоднення осадів 2 групи.
8. Опишіть методи обробки та мехзневоднення осадів 3 групи.
9. Опишіть методи обробки та мехзневоднення осадів 4 групи.
10. Які можуть бути застосовані методи утилізації осадів технологічних схем водоочистки?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аграноник Р. Я. Технология обработки осадков сточных вод с применением центрифуг и ленточных фильтр-прессов / Р. Я. Аграноник. – М. : Стройиздат, 1985. – 145 с.
2. Алексеев В. И. Проектирование сооружений переработки и утилизации осадков сточных вод с использованием элементов компьютерных информационных технологий / В. И. Алексеев, Т. Е. Винокурова, Е. А. Пугачев. – М. : Изд-во АСВ, 2003. – 176 с.
3. Гольдфарб Л. Л. Опыт утилизации осадков городских сточных вод в качестве удобрения / Л. Л. Гольдфарб, И. С. Туровский, С. А. Беляева. – М. : Стройиздат, 1983. – 59 с.
4. Гюнтер Л. И. Метантенки / Л. И. Гюнтер, Л. Л. Гольдфарб. – М. : Стройиздат, 1991. – 128 с.
5. Долина Л. Ф. Проектирование станций очистки сточных вод населенного пункта / Л. Ф. Долина. – Днепропетровск : ДИИТ, 2002. – 144 с.
6. Дрозд Г. Я. Технично-екологические записки по проблеме утилизации осадков городских и промышленных сточных вод / Г. Я. Дрозд, Н. И. Зотов, В. Н. Маслак. – Донецк : ИЭП НАН Украины, 2001. – 340 с.
7. Епоян С. М. Водовідведення і очищення стічних вод міста: навч. посібник / С. М. Епоян, Г. М. Смірнова, І. В. Корінько, С. П. Пашкова. – Харків : Видавнича група «РА Каравела», 2003. – 144 с.
8. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод : навч. посібник / В. А. Ковальчук. – Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», 2003. – 622 с.
9. Кравченко В. С. Водопостачання та каналізація / В. С. Кравченко. – Київ : Кондор, 2003. – 288 с.
10. Кульский Л. А. Технология очистки природных вод / Л. А. Кульский, П. П. Строкач. – Киев : Вища школа, 1986. – 352 с.
11. Ласков Ю. М. Примеры расчёта канализационных сооружений / Ю. М. Ласков, Ю. В. Воронов, В. И. Калицун. – М. : Стройиздат, 1987. – 255 с.
12. Любарский В. М. Осадки природных вод и методы их обработки / В. М. Любарский. – М. : Стройиздат, 1980. – 128 с.
13. Монгайт Л. И. Тепловая обработка осадков сточных вод / Л. И. Монгайт. – М. : Стройиздат, 1981. – 90 с.
14. Обработка и удаление осадков сточных вод . В 2 т. – М. : Стройиздат, 1985. – 237 с., 248 с.
15. Осадки водопроводных станций: извлечение и утилизация / Л. Я. Шевченко, Г. Я. Дрозд, Н. И. Зотов, В. Н. Маслак ; за ред. Л. Я. Шевченко. – Луганск : Изд-во Луганского аграрного университета, 2004. – 220 с.
16. Терещук А. И. Исследование и переработка осадков сточных вод / А. И. Терещук. – Львов : Вища школа, 1988. – 146 с.

17. Туровский И. С. Обработка осадков сточных вод / И. С. Туровский. – М. : Стройиздат, 1988. – 256 с.
18. Яковлев С. В. Водоотведение и очистка сточных вод : учебник для вузов / С. В. Яковлев, Ю. В. Воронов. – М. : АСВ, 2004. – 704 с.
19. Канализация населённых мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика / Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др. ; под общ. ред В. Н. Самохина. – М. : Стройиздат, 1981. – 639 с.
20. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 96 с.
21. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения : Справочник / Под ред. В. Д. Дмитриева, Б. Г. Мишукова. – Л. : Стройиздат, 1988. – 383 с.
22. Группа компаний «Экополимер» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ecopolymer.com>.
23. Журнал «Водоснабжение и санитарная техника» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vstmag.ru>.
24. Компания «ЭКОТОН» – оборудование и технологии для очистки сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ekoton.com>.
25. Научно-инженерный центр «Потенциал-4» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://potential4.com.ua>.
26. Независимый научно-технический портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ntpo.com>.
27. Новосибирское научно-производственное экологическое объединение «НЕРОАЭРА» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.neroaera.com>.
28. Системы канализации Топас (Topas) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.topas-eko.ru>.
29. Экология окружающей среды стран СНГ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ecologylife.ru>.

Навчальне видання

СОРОКІНА Катерина Борисівна

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

із навчальних дисциплін

«ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ОСАДІВ»

і

«ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ»

*(для студентів 5-6 курсів денної і заочної форм навчання
освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»
спеціальностей 192 – Будівництво та цивільна інженерія
(спеціалізації (освітні програми) «Водопостачання та водовідведення» та
«Раціональне використання і охорона водних ресурсів») та
194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології)*

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *К. Б. Сорокіна*

План 2017, поз. 90 Л

Підп. до друку 20.06.2017

Друк на ризографі

Зам. №

Формат 60×84 /16

Ум. друк. арк. 5,9

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017 р